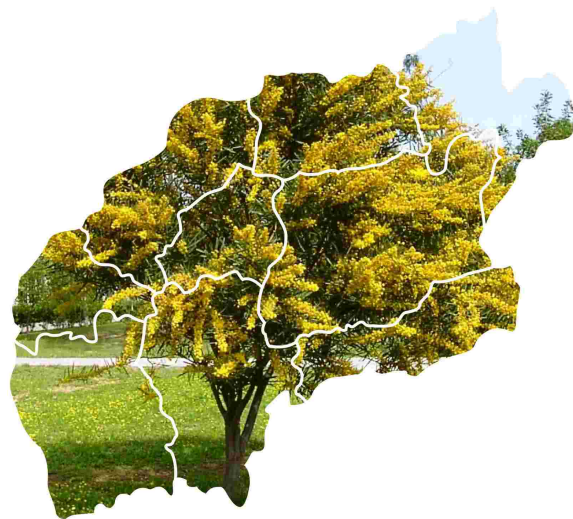


Análise de Conflitos Espaciais entre Valores Naturais e Invasão por Plantas Exóticas no Alto Minho

João Manuel Prazeres
2012



Análise de Conflitos Espaciais entre Valores Naturais e Invasão por Plantas Exóticas no Alto Minho

João Manuel Prazeres

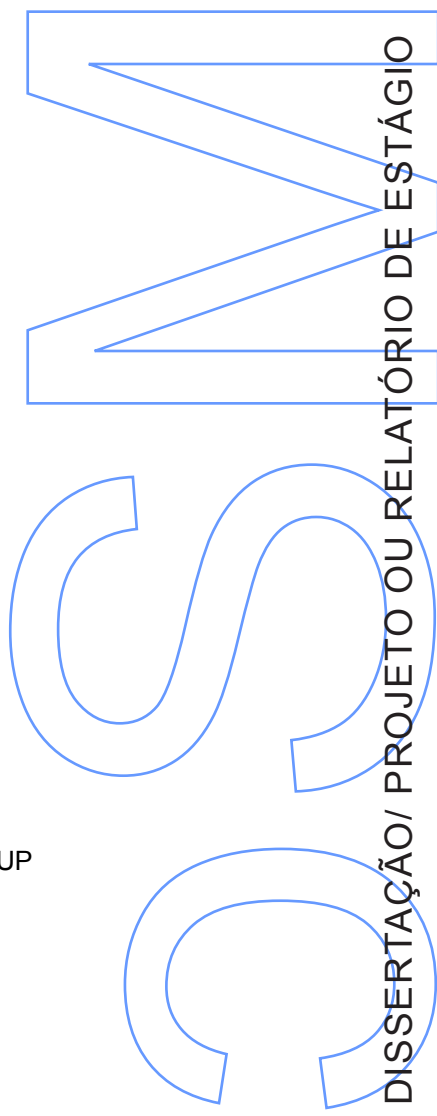
Ciências e Tecnologias do Ambiente

Geociências, Ambiente e Ordenamento de Território

2012

Orientador

João Pradinho Honrado, Professor Auxiliar da FCUP e investigador do CIBIO-UP



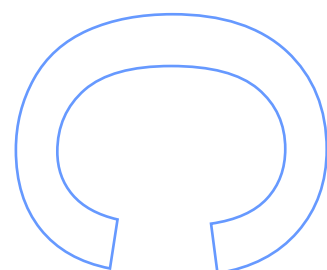
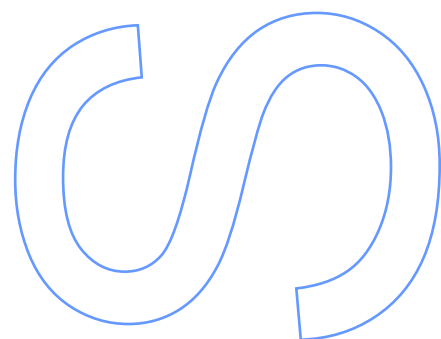
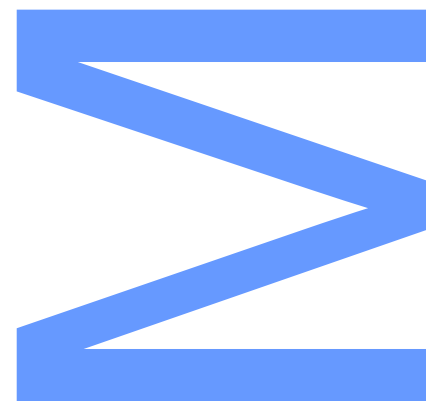
DISSERTAÇÃO/ PROJETO OU RELATÓRIO DE ESTÁGIO



Todas as correções determinadas pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, ____/____/____



Resumo:

No âmbito do projeto “Protec/GeoRisk – Proteção civil e gestão de riscos no Alto Minho”, efetuou-se uma análise de conflitos espaciais entre a probabilidade de invasão biológica por três espécies de plantas exóticas (*Acacia dealbata*, *Acacia longifolia* e *Acacia melanoxylon*) e vários elementos naturais expostos, tendo em vista o apoio a uma proposta de gestão deste risco natural. As análises realizadas permitiram constatar níveis elevados de conflito entre a invasão por acácias e a presença de áreas classificadas, de ecossistemas de elevado valor de conservação, e de serviços de ecossistema com elevada relevância para a sustentabilidade do território. Sugere-se uma adequada articulação das estratégias de proteção civil com as políticas de conservação da natureza e com as políticas agrárias e florestais, tendo em vista uma gestão mais eficaz e eficiente do risco às escalas regional e nacional.

Abstract:

In the framework of the project “Protec/GeoRisk – Proteção civil e gestão de riscos no Alto Minho”, an analysis was made focused on the spatial conflicts between the probability of invasion by three alien woody plants (*Acacia dealbata*, *Acacia longifolia* e *Acacia melanoxylon*) and several exposed natural elements, with the ultimate goal of supporting a proposal for management of this natural risk. This analysis revealed that there is a high level of conflict between invasion by *Acacia* species and the presence of protected areas, high-nature value ecosystems, and ecosystem services with high relevance for regional sustainability. It is therefore suggested that an adequate integration is made between local authorities and services, nature conservation policies, agrarian policies and forest policies, towards a more effective and efficient risk management at regional and national scales.

Índice

1.	Introdução	7
a.	Contexto e objetivo geral	7
b.	Ecosistemas, serviços dos ecossistemas e recursos naturais.....	8
i.	Ecosistemas	8
ii.	Serviços dos Ecossistemas.....	12
iii.	Recursos Naturais.....	13
iv.	Os serviços de ecossistemas na gestão sustentável dos recursos naturais.....	14
c.	Risco – conceito, avaliação e gestão	17
d.	A invasão biológica no contexto da avaliação de risco.....	19
e.	Os valores naturais como elementos expostos	20
f.	Objetivos e Questões de Investigação.....	22
2.	Métodos	23
a.	Área de estudo	23
b.	Estratégia geral de análise	24
c.	Espécies invasoras e modelos de distribuição	26
d.	Probabilidade potencial de invasão das categorias de ocupação do solo.....	27
e.	Análise de suscetibilidade à invasão	30
f.	Identificação e espacialização de valores naturais.....	30
g.	Análise de conflito espacial.....	34
3.	Resultados	36
a.	Suscetibilidade à invasão por espécies de <i>Acacia</i>	36
b.	Elementos naturais expostos no Alto Minho.....	39
c.	Análise dos conflitos entre espécie invasora e elementos naturais expostos	40
i.	Espécies invasoras (<i>Acacia</i>) e áreas de máximo valor de proteção.	40
ii.	Espécies invasoras (<i>Acacia</i>) e outras áreas classificadas.	42
iii.	Espécies invasoras (<i>Acacia</i>) e habitats interiores com elevado valor de conservação.	44
iv.	Espécies invasoras (<i>Acacia</i>) e habitats litorais e sub-litorais com elevado valor de conservação... ..	46
4.	Discussão dos Resultados	48
a.	Suscetibilidade à invasão por espécies de <i>Acacia</i> no Alto Minho.....	48
b.	Gestão do risco de invasão no Alto Minho.....	48
5.	Conclusões	50

Figuras

Figura 1 – Ecossistema global.	9
Figura 2 – Mapa de Portugal Continental (esquerda), Distrito de Viana do Castelo (centro) e Mapa de estradas e principais rios de Viana do Castelo (direita).	23
Figura 3 - Modelo analítico para o cálculo da probabilidade de invasão por espécies de <i>Acacia</i> no distrito de Viana do Castelo.	25
Figura 4 - Carta de Ocupação do Solo para o distrito de Viana do Castelo com as categorias agregadas de acordo com a reclassificação efetuada (ver tabela seguinte).	29
Figura 5 – Mapa da Rede Nacional Áreas Protegidas (RNAP).	31
Figura 6 – Mapa do limite dos Sítios de interesse Comunitário da Rede Natural 2000.	32
Figura 7 – Mapa das zonas de Proteção Especial da Rede Natura 2000.	32

Tabelas

Tabela 1 - Índice para a classificação da precisão dos modelos previstos.	28
Tabela 2 - Valor de corte obtido e utilizado para binarizar a rampa de probabilidade de distribuição de cada espécie. .	28
Tabela 3 - Reclassificação das categorias da Carta de Ocupação do Solo 2006.	29
Tabela 4 – Áreas correspondentes às zonas de Proteção especial (ZPE) e zonas Especiais de Conservação (ZEC). .	32
Tabela 5 - Área (em hectares) ocupada por cada categoria de ocupação do solo, respetivo nível e análise de suscetibilidade à invasão.	37
Tabela 6 – Área (em hectares) ocupada pelo elemento natural exposto 1 e respetivo nível de suscetibilidade à invasão.	41
Tabela 7 – Área (em hectares) ocupada pelo elemento natural exposto 2 e respetivo nível de suscetibilidade à invasão.	43
Tabela 8 – Área (em hectares) ocupada pelo elemento natural exposto 3 e respetivo nível de suscetibilidade à invasão.	45
Tabela 9 – Área (em hectares) ocupada pelo elemento natural exposto 4 e respetivo nível de suscetibilidade à invasão.	47

Cartas

Carta 1 - Invasão por <i>Acacia dealbata</i>	36
Carta 2 - Invasão por <i>Acacia longifolia</i>	36
Carta 3 - Invasão por <i>Acacia melanoxylon</i>	36
Carta 4 - Invasão acumulada por <i>Acacia spp.</i>	36
Carta 5 - Invasão máxima por uma espécie de <i>Acacia</i>	36

Elementos

Elemento 1 - Áreas de máximo valor de proteção	39
Elemento 2 - Outras áreas classificadas	39
Elemento 3 - Habitats interiores com elevado valor de conservação	39
Elemento 4 - Habitats litorais e sub-litorais com elevado valor de conservação	39

Cartas/Elementos

Carta1/Elemento 1 - Invasão por <i>Acacia dealbata</i> Vs Áreas de máximo valor de proteção	40
Carta1/Elemento 2 - Invasão por <i>Acacia dealbata</i> Vs Outras áreas classificadas	42
Carta1/Elemento 3 - Invasão por <i>Acacia dealbata</i> Vs Habitats interiores com elevado valor de conservação	44
Carta1/Elemento 4 - Invasão por <i>Acacia dealbata</i> Vs Habitats litorais e sub-litorais com elevado valor de conservação	46
Carta2/Elemento 1 - Invasão por <i>Acacia longifolia</i> Vs Áreas de máximo valor de proteção	40
Carta2/Elemento 2 - Invasão por <i>Acacia longifolia</i> Vs Outras áreas classificadas	42
Carta2/Elemento 3 - Invasão por <i>Acacia longifolia</i> Vs Habitats interiores com elevado valor de conservação	44
Carta2/Elemento 4 - Invasão por <i>Acacia longifolia</i> Vs Habitats litorais e sub-litorais com elevado valor de conservação	46
Carta3/Elemento 1 - Invasão por <i>Acacia melanoxylon</i> Vs Áreas de máximo valor de proteção	40
Carta3/Elemento 2 - Invasão por <i>Acacia melanoxylon</i> Vs Outras áreas classificadas	42
Carta3/Elemento 3 - Invasão por <i>Acacia melanoxylon</i> Vs Habitats interiores com elevado valor de conservação	44
Carta3/Elemento 4 - Invasão por <i>Acacia melanoxylon</i> Vs Habitats litorais e sub-litorais com elevado valor de conservação	46
Carta4/Elemento 1 - Invasão acumulada por <i>Acacia spp.</i> Vs Áreas de máximo valor de proteção	40
Carta4/Elemento 2 - Invasão acumulada por <i>Acacia spp.</i> Vs Outras áreas classificadas	42
Carta4/Elemento 3 - Invasão acumulada por <i>Acacia spp.</i> Vs Habitats interiores com elevado valor de conservação	44
Carta4/Elemento 4 - Invasão acumulada por <i>Acacia spp.</i> Vs Habitats litorais e sub-litorais com elevado valor de conservação	46
Carta5/Elemento 1 - Invasão máxima por uma espécie de <i>Acacia</i> Vs Áreas de máximo valor de proteção	40
Carta5/Elemento 2 - Invasão máxima por uma espécie de <i>Acacia</i> Vs Outras áreas classificadas	42
Carta5/Elemento 3 - Invasão máxima por uma espécie de <i>Acacia</i> Vs Habitats interiores com elevado valor de conservação	44
Carta5/Elemento 4 - Invasão máxima por uma espécie de <i>Acacia</i> Vs Habitats litorais e sub-litorais com elevado valor de conservação	46

1. Introdução

a. Contexto e objetivo geral

O presente trabalho insere-se na disciplina de Dissertação do **Mestrado em Ciências e Tecnologias do Ambiente** – ramo de **Ecologia e Gestão de Recursos Naturais**, da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP).

No âmbito da participação do CIBIO (Centro de Investigação em Biodiversidade e Recursos Genéticos) da UP no projeto “Protec/GeoRisk – Proteção civil e gestão de riscos no Alto Minho”, pretendeu-se efetuar uma análise de conflitos espaciais entre a probabilidade de invasão biológica por três espécies exóticas (*Acacia dealbata*, *Acacia longifolia* e *Acacia melanoxylon*) e vários elementos naturais expostos, tendo em consideração os Serviços de Ecossistema (produção, regulação e culturais) e tendo em vista a execução da uma proposta de gestão do risco natural.

b. Ecossistemas, serviços dos ecossistemas e recursos naturais

i. Ecossistemas

Um **Ecossistema** é um conjunto localizado de componentes vivos e não vivos através do qual se produz e transmite energia e a matéria passa por um ciclo. Os elementos vivos atuam como produtores, consumidores ou decompositores. Os produtores convertem a energia da luz do sol em energia química, os consumidores alimentam-se dos produtores e os decompositores convertem novamente os produtores e os consumidores em matéria inorgânica.

Existe uma grande diversidade de ecossistemas:

- ✓ **Ecossistemas Naturais** – florestas, rios, oceanos, desertos, bosques, etc..
- ✓ **Ecossistemas Artificiais** – aqueles que são construídos pelo Homem, por exemplo, açudes, aquários, plantações, etc..

Atendendo ao meio físico, os ecossistemas dividem-se em:

- ✓ **Ecossistemas Terrestres** – todo o ambiente natural, como uma floresta, um bosque, um prado ou um simples tronco de árvore.
- ✓ **Ecossistemas Aquáticos** – todo o ambiente natural constituído 100% por água.

O interesse pela Ecologia na sociedade atual traduz, na verdade, o interesse pelo ecossistema que os seres humanos habitam. Interessamo-nos por problemas tão diversos como a qualidade do ar que respiramos e da água que bebemos, a utilização inteligente das nossas reservas de energia, os efeitos das nossas atividades sobre os nossos organismos, e na origem da maioria destes problemas as dimensões da população humana. Um ecossistema é qualquer conjunto de organismos vivos e de substâncias não vivas no qual existe uma troca contínua de materiais e de energia. Embora barreiras geográficas possam separar um ecossistema de outro, não há limites de dimensões fixas em termos de números de organismos, área ou quantidades de matéria e de energia presentes. Os ecossistemas podem variar desde um aquário equilibrado em casa até um oceano inteiro. Todos os ecossistemas mantêm um equilíbrio dinâmico, evoluindo constantemente, mas tão devagar que geralmente não podemos observar as alterações. A maior parte da matéria no sistema

é continuamente reciclada e as perdas de energia são compensadas pela energia adquirida no meio, quer seja do sol, quer de uma lâmpada de aquário.

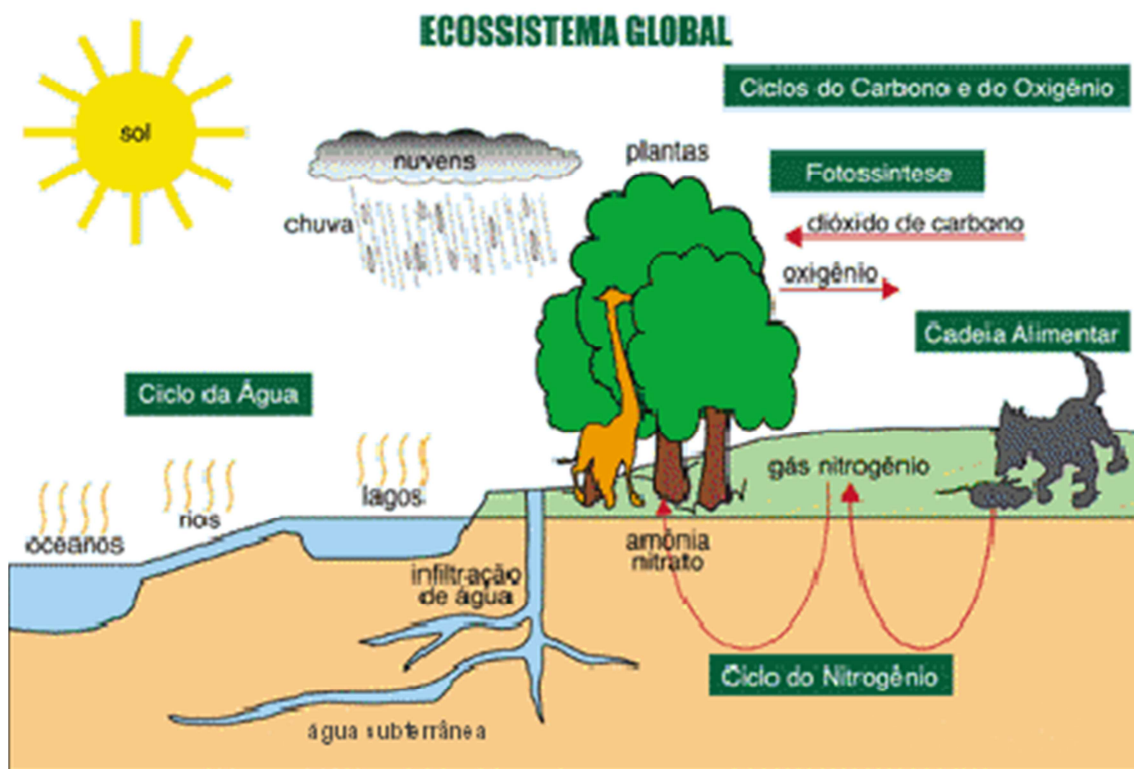


Figura 1 – Ecosistema global.

Todos os ecossistemas são constituídos por componentes bióticos, que são os seres vivos, e componentes abióticos, representados pelos fatores químicos e físicos do meio.

➤ A Componente Biótica dos Ecossistemas

Todos os seres vivos são constituídos por água, carbono e outros elementos químicos combinados e organizados de modo a formarem um organismo. Dividem-se em produtores, consumidores e decompositores e baseiam-se na fonte de energia e materiais utilizados por cada um deles (Ramalho, J. C., s.l.).

Os Produtores

São organismos autotróficos. Na sua maioria são plantas verdes, embora existam outros. Todas as plantas verdes são produtores, embora o termo autotrófico seja mais apropriado, já que elas produzem alimentos a partir de substâncias inorgânicas simples. Elas são produtores visto produzirem alimentos para os consumidores. Esta produção é feita a partir da absorção de elementos químicos simples do solo e do ar

que, com a ajuda da radiação solar, são, pelo processo fotossintético, transformados em compostos químicos mais complexos e mais ricos em energia que formam a planta.

Outro grupo de produtores são as bactérias, capazes de obter energia através de reações químicas. Uma vez que estes organismos obtêm a sua energia através de reações químicas em vez de luz solar, eles são designados quimiotróficos em oposição aos fototróficos (realizam quimiossíntese em vez de fotossíntese).

Os produtores que existem num Ecossistema dependem do ambiente físico que os rodeia.

Os Consumidores

São organismos heterotróficos. Este grupo inclui todos os seres vivos que não sejam plantas verdes, com algumas exceções, como é o caso dos organismos quimiotróficos. Podem ainda ser subdivididos em quatro grupos:

Consumidores primários (também chamados herbívoros) obtêm o seu alimento diretamente dos produtores;

Consumidores secundários (também chamados carnívoros) alimentam-se dos consumidores primários;

Consumidores terciários alimentam-se dos consumidores secundários, e;

Omnívoros e/ou consumidores de vários níveis alimentam-se de plantas bem como dos consumidores primários.

Os Decompositores

São também organismos heterotróficos, por vezes designados microconsumidores, em oposição aos macroconsumidores. Este é um grupo especial de organismos que inclui, principalmente, bactérias e fungos. São organismos que obtêm a sua energia e nutrientes digerindo os detritos de plantas e de animais mortos. Os decompositores são responsáveis pelo apodrecimento e decomposição dos materiais orgânicos. Ocupam um papel fundamental nos ecossistemas, visto serem os responsáveis por alguns passos essenciais dos ciclos dos minerais nos ecossistemas. Através da decomposição de tecidos orgânicos e químicos, este grupo de organismos assegura a libertação dos nutrientes retidos em massas animais ou vegetais, que já não funcionam como seres vivos. Os decompositores completam os ciclos na Natureza: o

material orgânico complexo é decomposto em nutrientes minerais, em dióxido de carbono e em água. A energia é libertada para a utilização dos próprios decompositores.

➤ **A componente Abiótica dos Ecossistemas**

A componente abiótica de um ecossistema possui características físicas e químicas que irão determinar o tipo de organismos capazes de nele existirem. As características físicas que afetam um ecossistema são: o fluxo de radiação, as temperaturas médias e limites de variação da temperatura, os níveis de precipitação e a sua distribuição ao longo do ano, a latitude e altitude, a natureza do solo, o fogo, a velocidade das correntes e a quantidade de material sólido em suspensão. As características químicas que afetam um ecossistema são: a quantidade de nutrientes dissolvidos na solução do solo, o nível de substâncias tóxicas, a salinidade, quantidade de oxigénio dissolvido e a quantidade de outros gases atmosféricos. As características físicas e químicas de cada ecossistema combinam-se de várias formas criando sistemas ecológicos bem definidos. As alterações de qualquer componente física e química poderão levar a alterações significativas da componente abiótica com consequente modificação do ecossistema existente. Uma característica do nosso planeta é o facto das temperaturas existentes à superfície da Terra estarem num intervalo no qual a água muda entre as fases sólida, líquida e gasosa. A água é essencial à vida de qualquer organismo e encontra-se continuamente em movimento sob a influência da radiação que é distribuída de uma forma pouco uniforme à superfície da Terra. No planeta as variações nos ambientes são definidas, pelas condições de radiação recebidas nas diferentes latitudes do planeta e também pela topologia e pela natureza das suas formações geológicas. O que parece ser decisiva para a formação das nuvens e a distribuição da precipitação. Esta característica tem grande influência na formação dos ecossistemas, já que todos os processos biológicos do planeta necessitam da presença de água no seu estado líquido. A maioria das atividades biológicas na Terra depende da energia solar fixada no processo da fotossíntese como fonte de energia, ou seja, a maioria das atividades biológicas na Terra está limitada à eficiência desse processo que, por sua vez, depende da radiação solar incidente. Por outro lado, a intensidade da radiação solar vai determinar o estado físico da água influenciando também os processos biológicos. Por exemplo, o estado físico da água e a radiação solar estão interligados, influenciando a presença de vida na Terra, a distribuição da radiação solar determina quando e onde a fotossíntese se pode efetuar, mas a distribuição da radiação solar também determina onde e quando existe água no seu estado líquido. A importância dos elementos químicos nos seres vivos

varia consoante o tipo de elemento químico, a sua forma e a localização. O carbono, o hidrogénio, o azoto, o oxigénio, o enxofre e o fósforo são elementos constituintes dos aminoácidos, hidratos de carbono e lípidos que se encontram na constituição das membranas celulares. Enfim, um dos conceitos fundamentais de Ecologia é o de que enquanto os aspetos físicos e químicos de um ecossistema têm um impacto na componente biótica presente, também a componente biótica exerce um impacto no ambiente físico e químico que os rodeia.

ii. Serviços dos Ecossistemas

O Ser Humano, tal como o nome indica, é um dos muitos Seres Vivos que habitam o Planeta Terra e que fazem parte da Biosfera. Esta camada estrutural da Terra é extremamente diversificada, o seu funcionamento é de uma complexidade extrema e a sua organização só é possível porque lhe estão associadas as variáveis tempo e evolução.

O bem-estar da Humanidade tem a ver com tudo aquilo que a Natureza lhe oferece e é essencial à sua sobrevivência. Assim sendo, cada vez mais, o Homem toma consciência da importância da biodiversidade para o regular funcionamento dos ecossistemas e para o fornecimento de bens e serviços essenciais à sua sobrevivência.

Definem-se como **serviços dos ecossistemas** todos os processos que ocorrem nos ecossistemas e que o Homem se serve em seu benefício para o seu bem-estar. Estes são definidos como **serviços de produção ou abastecimento** (como alimentos, água doce, abrigo e madeira), **serviços de regulação** (como purificação de águas superficiais, armazenagem e fixação de carbono, regularização climática e proteção contra riscos naturais) e **serviços culturais naturais** (como património cultural e locais sagrados), que estejam ligados à biodiversidade.

Com o crescente aumento da população humana e a sucessiva degradação da biodiversidade, muitas vozes científicas se têm levantado e têm-se desenvolvido métodos de quantificação do valor económico dos serviços dos ecossistemas.

O *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA) (2003-2005) foi uma iniciativa desenvolvida por mais de 1300 cientistas de todo o Mundo, em que se procurou apelar à necessidade de desenvolver investigação científica interdisciplinar, cada vez mais coordenada e concertada, por dois motivos principais: 1) medir, modelar e mapear os serviços de ecossistema; 2) avaliar as alterações no fornecimento dos serviços de

ecossistema e as suas consequências no desenvolvimento do bem-estar humano (cf. Fisher, et al., 2009).

iii. Recursos Naturais

Os recursos naturais são formas de energia ou de matéria disponíveis na terra e que podem ser utilizadas pela humanidade.

De acordo com a sua natureza são classificados em:

- a. **Recursos minerais**
- b. **Recursos energéticos**
- c. **Recursos hídricos**
- d. **Recursos Biológicos**

De acordo com a sua velocidade de renovação são classificados em:

- I. **Recursos renováveis** – são todos aqueles usados quase infinitamente, quando explorados de forma sustentável, temos como bom exemplo destes recursos os recursos hídricos, energia solar, energia eólica, energia das ondas, e recursos biológicos.
No entanto, estes também podem ser esgotados pelo homem passando a ser não renovável, pois passa a ter uma taxa de utilização superior à da sua renovação por processos naturais, é por exemplo o que sucede quando um solo fértil é levado ao esgotamento devido a agricultura intensiva ou quando determinada espécie é levada a extinção em virtude da sua caça intensiva.
- II. **Recursos não renováveis** – são todos aqueles que se esgotam num determinado período de tempo, pois a sua velocidade de renovação é muito lenta na ordem dos milhões de anos (ex: petróleo, gás natural e carvão).
Alguns desses recursos, como, por exemplo, os minerais, as espécies e os habitats, não são renováveis: uma vez extintos ou destruídos, desaparecem para sempre.

Os recursos naturais do nosso planeta são vitais para a sobrevivência e o desenvolvimento da população humana. Embora muitos efeitos da sobreexploração se façam sentir a nível local, a crescente interdependência das nações e do comércio internacional relativamente aos recursos naturais tornam a sua gestão uma questão à escala global.

iv. Os serviços de ecossistemas na gestão sustentável dos recursos naturais

Os ecossistemas têm papel fundamental na manutenção do equilíbrio climático global e a biodiversidade desempenha diversas funções nos processos naturais, estando ambos associados à manutenção da vida no planeta e ao potencial de adaptação dos seres vivos, incluindo o próprio homem, às mudanças climáticas. Os atuais padrões de produção e consumo têm sobrecarregado os serviços ecossistémicos e alcançado os limites dos ciclos da natureza, indispensáveis à estabilidade do planeta. Esse cenário coloca em risco o equilíbrio e a própria viabilidade da vida na Terra, sendo a ação do homem responsável pelas crescentes taxas de extinção de espécies e pela alteração de ecossistemas.

A biodiversidade é essencial para a manutenção de um meio ambiente saudável e seguro e a sua perda tem consequências diretas também sobre a economia. A conservação da biodiversidade e dos ecossistemas é um fator que assegura a continuidade das atividades humanas por meio da geração de riquezas e provisão de matérias-primas. O seu valor económico tem sido cada vez mais reconhecido. Dessa forma, a inclusão do tema ao quotidiano dos investimentos e de toda a cadeia de negócios, que envolve produção e consumo, é fator essencial para a sustentabilidade da economia em todos os países.

O desenvolvimento industrial, a expansão dos transportes e o crescimento demográfico têm levado a um desgaste excessivo dos recursos naturais, o que pode pôr em causa a sobrevivência do Planeta, face à destruição de importantes fontes de energia e de matérias-primas, face a isso devemos geri-los de forma sustentável.

Alguns recursos fornecem serviços gratuitos ao homem sem se consumirem ou degradarem necessariamente. É o caso dos micróbios que intervêm nos ciclos dos nutrientes e na formação do solo, dos agentes naturais de controlo de pragas e dos agentes intervenientes na polinização das culturas. Salientam-se também as florestas com um papel importante para: o equilíbrio de gases na atmosfera; a amenização do clima local; a constituição de habitat para a fauna; o controlo da erosão; e a manutenção do ciclo hidrológico. Outros recursos como os alimentos, a água potável, a energia e a capacidade de absorção de emissões poluentes são necessariamente degradados ou consumidos na sua utilização.

Os recursos renováveis tendem a gerar-se em fluxo limitado e são reconstituídos após o consumo humano ou a dispersão através de processos naturais, conduzidos pela

energia solar que pode ser otimizada por investimento humano. Os recursos não renováveis encontram-se geralmente em reservas, apresentando taxas de renovação muito baixas ou nulas e custos incomportáveis de reconstituição – eventualmente podem ser reciclados por uma ou duas vezes até perderem utilidade. Por vezes, alguns recursos potencialmente renováveis são utilizados em taxas bastante superiores às taxas de renovação ou regeneração, tornando-se recursos não renováveis.

Os recursos podem ser ainda classificados em substituíveis – para os quais existem ou são previstos substitutos – ou em recursos essenciais – para os quais a total substituição à escala pretendida é ou prevê-se que seja impossível. Esta classificação para alguns recursos pode variar de acordo com a forma como são utilizados. Por exemplo, as florestas enquanto fontes de madeira são substituíveis, pois esta pode ser substituída para quase todos os fins. No entanto, enquanto ecossistemas fornecedores de serviços, as florestas constituem recursos essenciais.

A gestão dos recursos naturais deve ser um processo sustentável, ou seja, aquele que pode ser mantido sem interrupção ou perda de qualidades. A sustentabilidade é uma condição necessária e suficiente para que a população se mantenha no nível de capacidade de sustentação do ambiente, ou abaixo dele. A capacidade de sustentação do ambiente, também designada de capacidade suporte, define-se como a dimensão máxima da população de uma dada espécie que uma área consegue sustentar, sem reduzir a sua capacidade de suportar essa mesma espécie no futuro. No que se refere ao homem, para além das questões associadas ao crescimento populacional e à alteração dos padrões demográficos, a capacidade de carga varia muito com a cultura e o nível de desenvolvimento económico. A capacidade de sustentação ambiental não é fixa, reduz-se rapidamente a partir de determinados limites, podendo para tal contribuir, por exemplo, a degradação de recursos naturais. É necessário também ter em conta as escalas espaciais e temporais relevantes. A escala temporal a considerar pode referir-se a dezenas de gerações humanas, o que poderá abranger centenas de anos. A escala espacial é, para todos os efeitos, restringida pela dimensão do planeta. Apesar do comércio permitir às populações exceder as capacidades de sustentação locais e regionais, é necessário considerar o balanço do planeta como um todo.

A gestão sustentável dos recursos naturais implica pois a consideração de um conjunto complexo de aspetos sociais e económicos, sendo fundamental aferir padrões alternativos de utilização sustentável dos recursos e os respetivos resultados

em termos de capacidade de carga. Muitas vezes, os desfasamentos temporais entre determinada atividade e a perceção humana dos seus impactes efetivos dificultam a avaliação da sustentabilidade dessa atividade. Para a capacidade de sustentação, é necessário então considerar fatores como os estilos de vida idealizados, os padrões de distribuição de recursos socialmente controlados, a desigualdade entre custos sociais e privados e a dificuldade em formular uma política racional perante a incerteza, entre outros aspetos da organização social, política e económica.

c. Risco – conceito, avaliação e gestão

Para se compreender o conceito de **Risco Natural**, poder efetuar uma avaliação e criar sistemas de Gestão do mesmo, é necessário entender o que significa **Risco**, saber diferenciar de **Perigo** e ter a noção dos tipos de **Riscos Ambientais** existentes.

Assim sendo, podemos considerar **Risco** como sendo a combinação da probabilidade e da(s) consequência(s) da ocorrência de um determinado **acontecimento perigoso**. Por outras palavras, podemos dizer que risco constitui o **dano ou perda** estimada em consequência da ação de um perigo sobre um bem a preservar, seja a vida humana, os bens económicos ou os valores ambientais. O risco pode expressar-se em termos quantitativos, em valores de perda total ou anual, ou em valores qualitativos (baixo, aceitável, não aceitável).

Em termos ambientais, **Perigo** pode ser considerado como a ação de uma **Variável Ambiental** (Temperatura, Radiação Solar, Precipitação, Humidade, Uso do Solo, Acidez (água e/ou solo), etc.) em condições anormais e/ou extremas sobre o meio ambiente que a envolve criando assim uma entropia. Este também se pode expressar em termos qualitativos e quantitativos (p.ex., avaliação da intensidade de um sismo, *escala de Mercalli* e *escala de Richter*).

Assim sendo, podemos subdividir os **perigos naturais** em 3 categorias principais, de acordo com a origem:

1. Perigos geomorfológicos (Geológicos/Hidrológicos):

- Sismos, explosões vulcânicas, tsunamis, deslizamentos de terrenos, cheias, subsidência (superfície da Terra ou movimentos de ar), etc.;

2. Perigos atmosféricos:

- Ciclones tropicais, tornados, furacões, secas, trovoadas, relâmpagos, geada, onda de frio/calor, avalanche, etc.;

3. Outros perigos naturais:

- Infestações, incêndios, impacto de objetos extraterrestres, etc..

Podemos ainda, caracterizar os perigos de acordo com:

- ✓ **Mecanismos físicos** (magnitude, duração, extensão espacial);
- ✓ **Distribuição temporal** (frequência, sazonalidade);
- ✓ **Distribuição espacial** (localização geográfica);
- ✓ **Dinâmica de eclosão** (rapidez do início, tempo de preparação e rapidez de término).

Existem os perigos de **desenvolvimento rápido** (erupções, sismos, inundações, deslizamentos, etc.), por oposição aos perigos de **desenvolvimento lento** (secas, pandemias, infestações). Ambos com consequências frequentemente desastrosas de degradação do ambiente mas com diferenças no que diz respeito ao sistema de alerta.

Os perigos naturais poderão ainda ser considerados de **Catástrofes Naturais** quando a ação dos mesmos geram consequências em grande escala, chegando mesmo à escala global da Terra. São exemplos de catástrofes os impactos com objetos extraterrestres de grande dimensão, as grandes erupções vulcânicas, as pandemias e as secas globais. Estes perigos se bem que muito raros têm a capacidade de alterar profundamente o equilíbrio da biosfera.

Risco Natural, tal como considerado anteriormente, pode ser considerado uma avaliação do Perigo Natural, ou seja, é uma componente que associa **Estatística** às características do Perigo e ao efeito que o mesmo pode provocar no meio ambiente.

Usualmente, o Risco é definido pela fórmula matemática:

$$R = \sum P_i \times (E \times V_i)$$

onde:

- **P_i – Perigosidade** – representa a probabilidade de um território ser afetado por um evento ou processo natural ou tecnológico, e função nomeadamente de parâmetros como a magnitude e severidade (capacidade de produzir danos);
- **V_i – Vulnerabilidade** – grau de perda de um determinado elemento de risco (humanos, económicos, estruturais ou ambientais) quando exposto a um processo natural, ambiental ou tecnológico (expresso em termos probabilísticos entre 0 e 1);
- **E – Exposição ou elementos em risco** – conjunto de bens a preservar e que podem sofrer danos por ação do perigo.

Após identificado e avaliado o grau de admissibilidade do Risco é impreterível implementar soluções de controlo e/ou redução do mesmo.

d. A invasão biológica no contexto da avaliação de risco

Uma invasão biológica consiste na ocupação territorial natural excessiva de um organismo (invasor), onde a sua presença ou área de distribuição natural era nula (exóticos) ou irrelevante, e afixação permanente do mesmo no local. Esta ocupação considera-se invasão porque provoca um impacto negativo no meio ocupado e, geralmente, transforma a estrutura e funcionamento dos ecossistemas e organismos existentes (nativos), que serão os colonizados, podendo mesmo serem irradiados ou aniquilados (extintos).

A invasão por espécies exóticas, além de causar prejuízos ao ambiente natural (químico, físico e biológico) também pode provocar impactos negativos para o homem, ao nível económico, social e cultural.

A bioinvasão ou introdução de espécies invasoras num ambiente natural pode ser feita de três formas:

- **Natural**, quando a distribuição das espécies é afetada por alterações climáticas ou geomorfológicas de grande escala, migrações, ventos e correntes marinhas;
- **Acidental**, quando a distribuição das espécies é afetada pelo desenvolvimento da atividade humana (agricultura, comércio e viagens intercontinentais);
- **Intencional**, quando a distribuição das espécies é afetada intencionalmente com fins alimentares, medicinais, ornamentais ou outro.

Sendo que, atualmente, a atividade humana é a maior responsável pelas invasões biológicas e pelo sucesso das mesmas.

Mais de 120 mil espécies exóticas de plantas, animais e microrganismos já foram registadas em seis países: África do Sul, Austrália, Brasil, Estados Unidos, Índia e Reino Unido.

Considerando-se o número de espécies exóticas que já foram identificadas nesses países, estimou-se que um total aproximado de 480 mil espécies exóticas já foi introduzido aos diversos ecossistemas da Terra. Apenas nesses seis países estudados, as estimativas com relação a perdas económicas anuais decorrentes da introdução de espécies exóticas invasoras nas culturas, pastagens e nas áreas de florestas chegam a 250 mil milhões de dólares. Já o cálculo das perdas ambientais ultrapassa os 100 mil milhões de dólares.

Estimativas globais giram em torno de 1400 mil milhões de dólares de prejuízos anuais, o que representa cerca de 5% da economia global.

Face aos estudos apresentados, identificar e controlar espécies invasoras não é uma opção mas sim uma obrigação, analisando e avaliando os riscos associados à dispersão das espécies.

Com o desenvolvimento dos sistemas de informação geográfica, hoje, já é possível inventariar todas as espécies e efetuar modelos de previsão de distribuição espacial mediante vários cenários, cruzar informação e atuar em defesa das espécies endémicas e dos valores naturais expostos.

e. Os valores naturais como elementos expostos

Os valores naturais são todos os elementos que a natureza moldou e desenvolveu ao longo do tempo e que são a base da biodiversidade. Estes elementos são designados valores (bens) quando se lhe está associado a função de gerar alimento, abrigo e proteção (bases da vida).

Podemos distinguir duas grandes famílias de valores naturais onde se integram a imensidão de recursos naturais com valor:

1. Valores Geológicos e Geomorfológicos:

- Planaltos, Planícies, Vales, Rios, Extratos/Recursos Geológicos, etc...

2. Valores Biológicos:

- Fauna e Flora.

O elemento natural mais importante e fundamental é o próprio planeta Terra. Este apresenta características únicas e impressionantes. A capacidade que tem de albergar água nos seus 3 estados físicos permitiu gerar a vida. Mas, tal como qualquer sistema vivo, também está suscetível a transformações, e a alteração de apenas um dos seus elementos (aumento da temperatura média da Terra em 4°C, p.ex.) poderá significar a destruição da biodiversidade tal qual a conhecemos. Isto não significa, necessariamente, que a vida acabe, mas é certo que transformações surgiram e que o Homem, como espécie dominante, poderá deixar de o ser e ficará mesmo sujeito à extinção.

Este é o princípio base de uma bioinvasão natural ou accidental que acontece quando barreiras climáticas ou geomorfológicas são quebradas. Além disso, todos os sistemas biológicos existentes na Terra são um reflexo da própria Terra e, tal como muitos

autores comparam o Homem a uma bactéria, também podemos comparar a Terra a um habitat, sendo que a alteração das condições de um determinado elemento (ou parâmetro) de um habitat ou inserção de uma espécie mais forte e apta às condições existentes irá certamente provocar a destruição do meio tal qual ele é.

Para o Homem a exposição de elementos naturais a condições anómalas e consequente transformação do valor natural poderá não ter repercussões imediatas, mas a longo prazo uma detioração dos valores naturais poderá implicar a detioração de valores sociais, económicos e culturais, além de poder provocar a detioração do bem-estar da Humanidade.

f. Objetivos e Questões de Investigação

O **principal objetivo** do presente trabalho consiste numa análise de conflito espacial entre valores naturais e a invasão por três espécies de plantas exóticas (*Acacia dealbata* Link, *Acacia melanoxylon* R.Br. e *Acacia longifolia* (Andrews) Willd.) no distrito de Viana do Castelo.

Associado ao “**Projeto Protec/GeoRisk – Proteção civil e gestão de riscos no Alto Minho**”, que tem como objetivos geral desenvolver um sistema de Informação, análise e monitorização dos riscos para o Alto Minho, como instrumento de suporte ao planeamento do território, houve a necessidade de realizar um estudo específico sobre o risco de invasão biológica de três das espécies exóticas (*Acacia*) com uma acentuada tendência de dispersão espacial.

Assim sendo, um dos objetivos do trabalho foi, com base no “Guia metodológico para a análise da probabilidade de invasão por plantas exóticas do género *Acacia* na região do Alto Minho”, analisar a suscetibilidade à invasão da área em estudo, utilizando modelos de distribuição de espécies invasoras, e criar cartas de suscetibilidade para as áreas analisadas.

Como a área de estudo inclui importantes valores naturais, passíveis de serem considerados elementos naturais expostos, foi necessário identificar e espacializar os valores (bens) em cartas de elementos.

Finalmente, foi efetuada uma avaliação espacial do conflito entre risco natural de invasão biológica e elementos naturais expostos tendo em consideração os serviços de ecossistemas (produção, regulação e culturais) e tendo em vista a execução da uma proposta de gestão adaptativa do risco natural.

2. Métodos

a. Área de estudo

Este estudo incidiu na região geográfica do Noroeste (NW) de Portugal Continental, mais concretamente no Alto Minho.



Figura 2 – Mapa de Portugal Continental (esquerda), Distrito de Viana do Castelo (centro) e Mapa de estradas e principais rios de Viana do Castelo (direita).

A região, que tem como sede de distrito Viana do Castelo, engloba 10 concelhos (Viana do Castelo, Ponte de Lima, Ponte da Barca, Caminha, Vila Nova de Cerveira, Paredes de Coura, Arcos de Valdevez, Valença, Monção e Melgaço) e 290 freguesias. É delimitada a **Norte** e **Este** por Espanha (região da Galiza), a **Sul** pelo distrito de Braga e a **Oeste** pelo Oceano Atlântico.

A população residente ronda os 250 mil habitantes numa área de cerca de 2.255 km².

Apesar de ser uma das mais pequenas regiões de Portugal Continental, consegue usufruir de um valor natural e patrimonial riquíssimo e único.

Delimitada a Oeste pelo **Oceano Atlântico**, podemos encontrar **praias** de grande beleza, rochosas ou com enormes areais, zonas com dunas naturais e uma luminosidade muito própria.

À medida que a região se afasta do Mar podemos vislumbrar zonas montanhosas, tipicamente graníticas e com um vasto património arqueológico, verdejantes e rasgadas por rios (**Lima, Minho, Coura, Vez**), lagoas (**Bertiandos** e **S. Pedro dos Arcos**) e cursos da água cristalinas que favorecem o florescimento da vegetação e onde se produzem as mais nobres castas de **Vinho verde**. Aqui podemos encontrar valores naturais como as **Termas de Melgaço** ou **Estância Termal de Monção** cujas indicações terapêuticas vão desde afeções das vias respiratórias, bronquite, afeções reumáticas e músculo-esqueléticas a diabetes. É ainda possível apreciar um vasto

património natural como a área de paisagem protegida de **Corno do Bico**, paisagem natural de **montes, vales e cascatas** e o **Parque Nacional da Peneda-Gerês**.

Geologicamente, a região insere-se na **zona centro-ibérica (ZCI)** do maciço antigo e assenta sobretudo num maciço de origem granítica (eruptivas).

Pode considerar-se a existência de três unidades distintas correntes nesta região, tanto no que se refere às suas características geológicas, como em relação às características hidrogeológicas, são elas:

- **Complexo Xisto-Grauváquico;**
- **Rochas Ígneas (eruptivas de fácies granítico);**
- **Depósitos Aluvionares e Terraços Fluviais.**

Em termos climáticos, a região enquadra-se num Clima Temperado Atlântico. Apresenta uma precipitação anual considerável (mais elevada de Portugal) devido às correntes tanto das frentes frias, a Norte, como das frentes quentes, a Sul. É uma zona relativamente húmida pois o seu relevo montanhoso condensa a humidade transportada pelos ventos provenientes do Oceano Atlântico.

O ano está dividido em 4 estações (Inverno, Primavera, Verão e Outono) rondando uma temperatura anual média de 12,5°C e 15°C. O Inverno, estação mais fria e chuvosa, é temperado e ventoso na faixa mais litoral, o interior é bastante mais frio e sujeito a geadas, em especial nos pontos mais altos. O Verão, estação mais quente e seca, é ameno com temperaturas máximas a rondar os 30°C e temperaturas médias a rondar os 20°C nos meses mais quentes (Julho e Agosto).

b. Estratégia geral de análise

Na execução do presente estudo pretendeu-se analisar os conflitos espaciais entre valores naturais e Invasão por plantas exóticas.

Assim sendo, e após definição das três espécies de *Acacia* a estudar e especificada a área de estudo (distrito de Viana do Castelo), foi realizada uma modelação espacial, utilizando modelos de distribuição das espécies invasoras com o apoio de um software informático de modelação (BIOMOD).

Esta modelação espacial foi executada através da relação entre diferentes variáveis ambientais (no presente estudo foram selecionadas 17 variáveis) e dados adquiridos que definem a presença e ausência das espécies exóticas.

Após calibração e binarização, o modelo mais adequado permitiu produzir uma “imagem” da probabilidade potencial de invasão das categorias de ocupação do solo (COS).

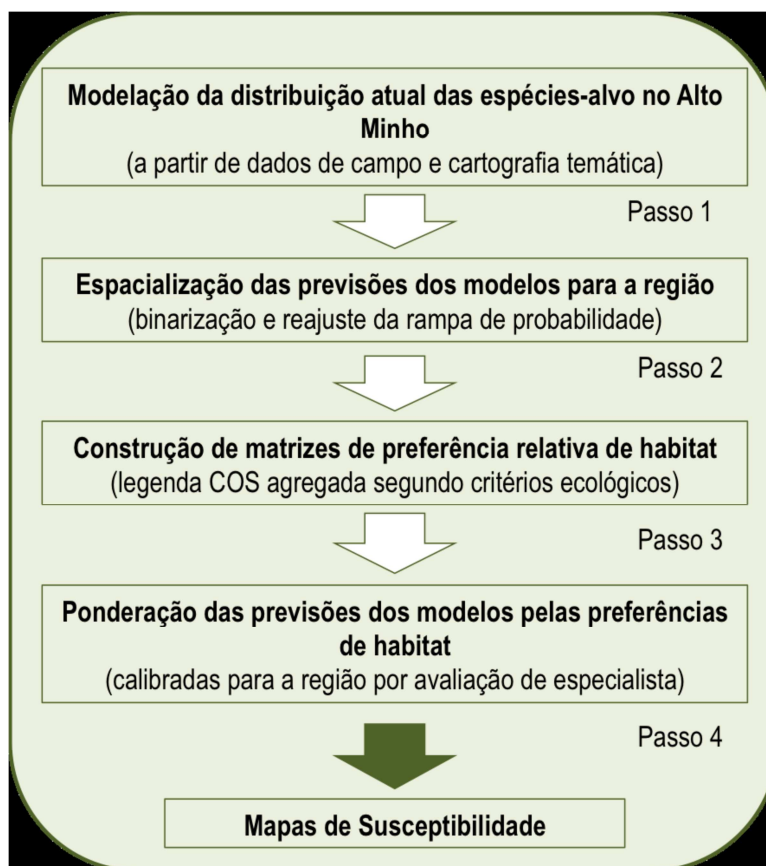


Figura 3 - Modelo analítico para o cálculo da probabilidade de invasão por espécies de *Acacia* no distrito de Viana do Castelo.

A fase seguinte foi avaliar a grau de suscetibilidade da área à invasão pelas espécies exóticas. Para tal, foi efetuada uma reclassificação do mapa de probabilidade de invasão de modo a traduzir uma escala qualitativa com quatro classes: Suscetibilidade Nula, Suscetibilidade Baixa, Suscetibilidade Moderada e Suscetibilidade Elevada.

Foram, assim, obtidas cinco Cartas de Suscetibilidade à Invasão (uma para cada espécie, uma com a acumulada por *Acacia spp.* e uma com a invasão máxima por uma espécie de *Acacia*).

De seguida, através de dados em SIG foram efetuados mapas temáticos dos elementos naturais exposto na área em estudo.

Foram identificados e espacializados dois grupos de elementos relacionados com áreas classificadas (Rede Nacional de Áreas Protegidas e Rede Natura 2000) e dois

grupos relacionados com habitats (interiores, litorais e sub-litorais) com elevado valor de conservação.

Finalmente, foi efetuada uma análise de conflito espacial.

Através da sobreposição das Cartas de Suscetibilidade à Invasão com os Elementos Naturais Expostos obtemos uma área de conflito/coincidência.

Neste caso, foram efetuadas vinte (5cartas x 4elementos) análises de conflitos espaciais, como forma de retratar, o mais plausível possível, as áreas passíveis de invasão.

c. Espécies invasoras e modelos de distribuição

Todos os organismos existentes têm como principal objetivo de vida sobreviver, e todos os que subsistem fazem-no através da evolução da adaptabilidade da espécie ao meio existente (teoria de evolução das espécies).

Desde logo, todos os organismos desenvolveram, ao longo do tempo, uma capacidade própria de mobilidade geográfica. Esta mobilidade poderá significar a deslocação do indivíduo ou a dispersão dos descendentes, com o intuito de encontrar um habitat onde as suas necessidades básicas sejam satisfeitas, ou seja, alimento, proteção (predadores e acontecimentos naturais) e capacidade de reprodução.

Esta deslocação poderá acontecer sob a forma espontânea (escassez/procura de alimento, por exemplo) ou casual devido a acontecimentos naturais (cheias, secas, etc), mudanças climáticas globais ou pela ação antropogénica.

Ao longo de milhões de anos a natureza foi-se moldando e as plantas e os animais foram-se distribuindo por espaços com fronteiras definidas. Estas fronteiras geográficas ou climáticas é que harmonizam os ecossistemas e quando são quebradas geram oportunidades das espécies entrarem em novos habitats. Se elas não encontrarem competidores à altura e encontrarem condições ideais para o seu desenvolvimento, irão dispersar-se invadindo (espécie exótica invasora) espaços e alterando o ciclo natural existente.

Para compreender o comportamento destas dispersões, vários cientistas (Biólogos, Ecólogos, Biogeógrafos, ...) têm vindo a definir modelos empíricos de distribuição das espécies (SDM – Species Distribution Models) que estabelecem a relação matemática ou estatística entre os dados da espécie e características ambientais do local (Guisan & Zimmermann, 2000). Existem SDM's que integram variáveis tais como a luta pela

preservação de uma espécie em extinção (Godown & Peterson, 2000), o controle de espécies exóticas ou pragas (Sutherst, et al., 2000), a predação entre espécies, a interferência humana diminuindo os nichos potenciais e o estabelecimento de áreas apropriadas para translocações/relocações ou cultivo (Cunningham, et al., 2002). Em todos eles, os dados da espécie, que preveem áreas com maior grau de adequabilidade da mesma, estão relacionados com pontos de ocorrência, e podem ser de vários tipos (presença, ausência e/ou abundância), sendo recolhidos através de uma amostragem aleatória ou estratificada, realizada através de trabalho de campo, de coleções naturais ou síntese de dados recolhidos por outros investigadores (Guisan e Thuiller, 2005). As variáveis ambientais utilizadas nos SDM's consideram três tipos principais de influência sobre a espécie: (1) fatores limitantes, que controlam a eco-fisiologia das espécies, (2) perturbação, que afeta os sistemas ambientais (naturais ou antrópicos) e (3) recursos, todos os compostos que podem ser assimilados pelos organismos (Guisan e Zimmermann, 2000; Guisan e Thuiller, 2005).

A interligação entre todos estes dados e aplicação das relações matemáticas dos SDM's é um processo moroso e complexo, sendo que, atualmente, já existem ferramentas informáticas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG; e.g. ArcMap; ESRI 2009) que deram um avanço enorme neste tipo de modelações.

O procedimento para a construção de um SDM, segundo Guisan e Zimmermann (2000), deve basear-se em 6 passos: (1) conceptualização, (2) preparação dos dados, (3) calibração do modelo, (4) avaliação do modelo, (5) previsões espaciais, e (6) avaliação da aplicabilidade do modelo e validação conforme a sua robustez.

d. Probabilidade potencial de invasão das categorias de ocupação do solo

A determinação da suscetibilidade à invasão pelas 3 espécies exóticas foi efetuada a partir do cálculo da **probabilidade potencial de invasão** e respeitando o **modelo analítico** da figura 3.

O 1º passo executado foi selecionar, utilizando cartografia temática, de entre as variáveis ambientais disponíveis as que são menos correlacionadas entre si e recolher, através de trabalho de campo, os dados de presença/ausência das espécies em estudo.

Esta seleção é feita aplicando o coeficiente de correlação de Spearman visto ser um teste amplamente adequado na correlação de dados ambientais.

De entre 85 variáveis iniciais, foram selecionadas 17 (Temperatura média anual, Temperatura mínima do mês mais frio, Precipitação anual, Sazonalidade da precipitação, Percentagem de Culturas Permanentes, Percentagem de Floresta de Folhosas, Percentagem de Floresta Artificial, Percentagem de granitos, Percentagem de cambissolos, Percentagem de fluvisolos, Dimensão Fractal Média da Parcela, Índice de Forma Médio Ponderado pela Área, Produtividade primária média, Densidade de rede hidrográfica, Distância à rede viária, Distância à rede hidrográfica e Número de fogos no período entre 1990 e 2009).

Com estes dados e com o auxílio de um sistema informático de modelação ambiental, designado por BIOMOD (disponível em ambiente R), foi possível efetuar a calibração e escolha do modelo de distribuição das espécies (dos 9 modelos disponíveis no software) mais robusto e credível.

O método de avaliação do modelo seleccionado e a binarização adotada foi o **algoritmo AUC (Area Under the Curve – ROC (Receiver Operating Characteristic))**, que varia de 0,5 (precisão nula) a 1,0 (precisão excelente), visto ser um amplamente utilizado como medida de utilidade e robustez de um modelo.

Utilidade do Modelo	Precisão	AUC
Ótimo	Excelente	0.9-1.0
Bom	Bom	0.8-0.9
Útil	Razoável	0.7-0.8
Inútil	Mau	0.6-0.7
Inútil	Nulo	0.5-0.6

Tabela 1 - Índice para a classificação da precisão dos modelos previstos.

A informação gerada (outputs) pelo modelo adotado corresponde a um gradiente de **probabilidade de distribuição** de cada espécie com valores compreendidos entre 0 e 1000.

O 2º passo foi **binarizar** os valores obtidos, utilizando para tal um valor de corte, gerado igualmente pelo AUC, e que define, para cada espécie, a presença e ausência da espécie.

	Espécies		
	<i>Acacia dealbata</i>	<i>Acacia longifolia</i>	<i>Acacia melanoxylon</i>
Valor de Corte	704	713	631

Tabela 2 - Valor de corte obtido e utilizado para binarizar a rampa de probabilidade de distribuição de cada espécie.

Os valores abaixo do valor de corte têm probabilidade nula de estar presentes. Os valores acima do valor de corte têm uma probabilidade que varia entre >0 e 100%, que será convertida em valores de presença compreendidos entre 0 e 1.

Estes valores finais serão a estrutura que permite espacializar os modelos das espécies.

Como 3º passo, foi efetuada uma matriz atribuindo valores potenciais de invasão (entre 0 e 1) às diferentes categorias de ocupação do solo (COS), com base em estudos anteriores e no conhecimento de especialistas das preferências de habitat das diferentes espécies e na suscetibilidade desses habitats à invasão por parte das diferentes espécies de *Acacia*.

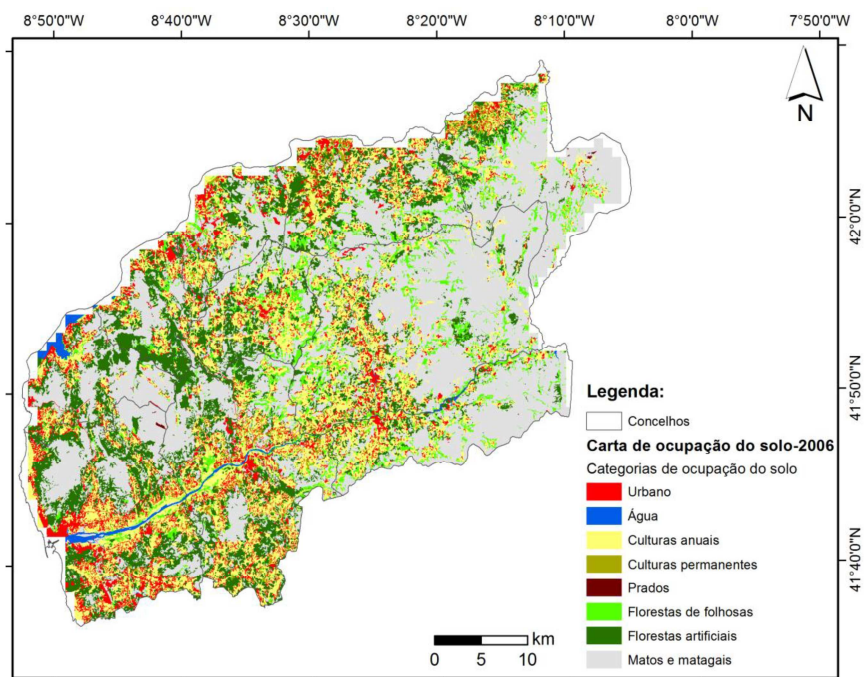


Figura 4 - Carta de Ocupação do Solo para o distrito de Viana do Castelo com as categorias agregadas de acordo com a reclassificação efetuada (ver tabela seguinte).

Designação da categoria reclassificada	Categorias da COS 2006 agregadas
Culturas Anuais	C
Água	H
Culturas Permanentes	V/ A/ O/ D
Áreas Artificiais	U/ S/ JJ/ SL
Prados	G
Florestas Folhosas	B/ Z/ T/ N/ Q/ F
Florestas Artificiais	E/ P/ R/ M
Matos e Matagais	I/ J

Tabela 3 - Reclassificação das categorias da Carta de Ocupação do Solo 2006.

Finalmente, o 4º passo é a interligação a espacialização, gerada a partir dos 2 primeiros passos, e a matriz dos valores potenciais de invasão, gerada no passo 3.

Esta combinação permitiu obter cartas com diferentes valores de probabilidade de invasão, que, reclassificadas, se traduziram em cartas de suscetibilidade à invasão.

e. Análise de suscetibilidade à invasão

Quando se efetua uma análise de suscetibilidade à invasão o que pretendemos é saber se uma determinada área reúne as condições necessárias à fixação de uma determinada espécie. Como é referente a uma invasão, significa que essa fixação implicará o conflito com outra espécie endógena ou nativa.

Após aplicação do modelo descrito no ponto anterior (2d), efetuou-se uma reclassificação da **probabilidade potencial** de invasão que se traduziu em cartas com **4 níveis de suscetibilidade** à invasão: Suscetibilidade Nula (0), para áreas com valor igual a zero; Suscetibilidade Baixa (1), para áreas com valores compreendidos entre >0 e 0.33; Suscetibilidade Moderada (2); para áreas no intervalo de valores de >0.33 a 0.67; e Suscetibilidade Elevada (3); para áreas com valores >0.67.

No presente estudo, foram criadas 5 Cartas de Suscetibilidade à Invasão:

- 1 - Invasão por *Acacia dealbata*;
- 2 - Invasão por *Acacia longifolia*;
- 3 - Invasão por *Acacia melanoxylon*;
- 4 - Invasão acumulada por *Acacia spp.* (parcelas onde existe maior probabilidade de invasão por parte das três espécies em conjunto);
- 5 - Invasão máxima por uma espécie de *Acacia* (probabilidade máxima de invasão por parte de uma qualquer espécie de *Acacia* na região estudada).

f. Identificação e espacialização de valores naturais

O Património Natural Português é um bem vasto e de um valor incalculável.

Como forma de proteger estes valores foram selecionadas Áreas Protegidas (AP) e criada Legislação Nacional e Europeia que lhes concede um estatuto legal adequado à manutenção da biodiversidade, dos serviços dos ecossistemas, do património geológico, bem como à valorização da paisagem.

Da legislação existente, a **Rede Nacional Áreas Protegidas (RNAP)** e **Rede Natura 2000 (RN2000)** são as mais importantes e as que mais se destacam.

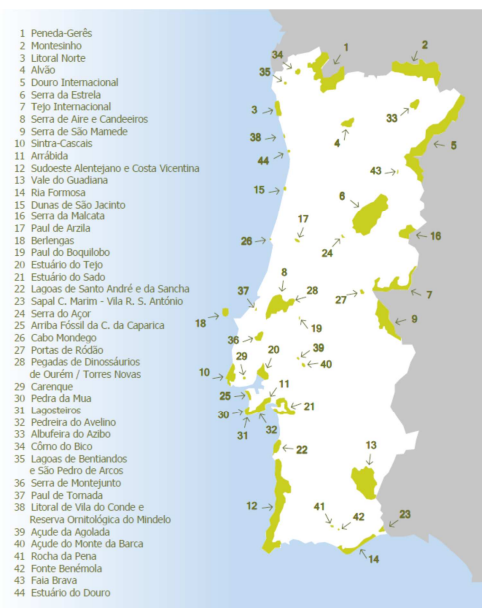


Figura 5 – Mapa da Rede Nacional Áreas Protegidas (RNAP).

A RNAP é constituída por 44 sítios, é regulamentada pelo Decreto-Lei n.º 142/2008, de 24 de julho, e as tipologias existentes são Parque nacional, Parque natural, Reserva natural, Paisagem protegida e Monumento natural.

No Distrito de Viana do Castelo, podemos encontrar 3 locais protegidos:

- ✓ **Parque Nacional da Peneda-Gerês (PNPG);**
- ✓ **Paisagem protegida do Corno do Bico;**
- ✓ **Paisagem protegida das Lagoas de Bertandos e de São Pedro de Arcos.**

O PNPG, sendo o único local com estatuto de Parque Nacional, é um valor com proteção máxima ou integral.

A RN2000 é resultante da aplicação das **Diretivas nº 79/409/CEE (Diretiva Aves)** e **nº 92/43/CEE (Diretiva Habitats)** do sistema Comunitário da União Europeia e regulamentam a rede ecológica do seu espaço, protegendo e estimulando a conservação da sua biodiversidade.

A RN2000 é composta por:

✓ **Zonas de Proteção Especial (ZPE)**, estabelecidas ao abrigo da Diretiva Aves, que se destinam essencialmente a garantir a conservação das espécies de aves, e seus habitats, listadas no seu anexo I, e das espécies de aves migratórias não referidas no anexo I e cuja ocorrência seja regular;

✓ **Zonas Especiais de Conservação (ZEC)**, criadas ao abrigo da Diretiva Habitats, com o objetivo expresso de "contribuir para assegurar a Biodiversidade, através da conservação dos habitats naturais (anexo I) e dos habitats de espécies da flora e da fauna selvagens (anexo II), considerados ameaçados no espaço da União Europeia".

Em Portugal encontram-se classificados 96 SIC¹ (Sítios de Importância), e 59 ZPE.

¹ Sítios de Importância Comunitária é uma lista nacional que após aprovado pela Comissão Europeia, em concertação com o Estado-Membro, dará lugar às ZEC num máximo de 6 anos após aprovação.

PORTUGAL	Nr	Área total (km2)	% área terrestre nacional	nº de zonas marinhas	Área marinha (km2)
ZPE	59	10.478	10.8	10	762
SIC	96	16.788	17.4	30	1173

Tabela 4 – Áreas correspondentes às zonas de Proteção especial (ZPE) e zonas Especiais de Conservação (ZEC).

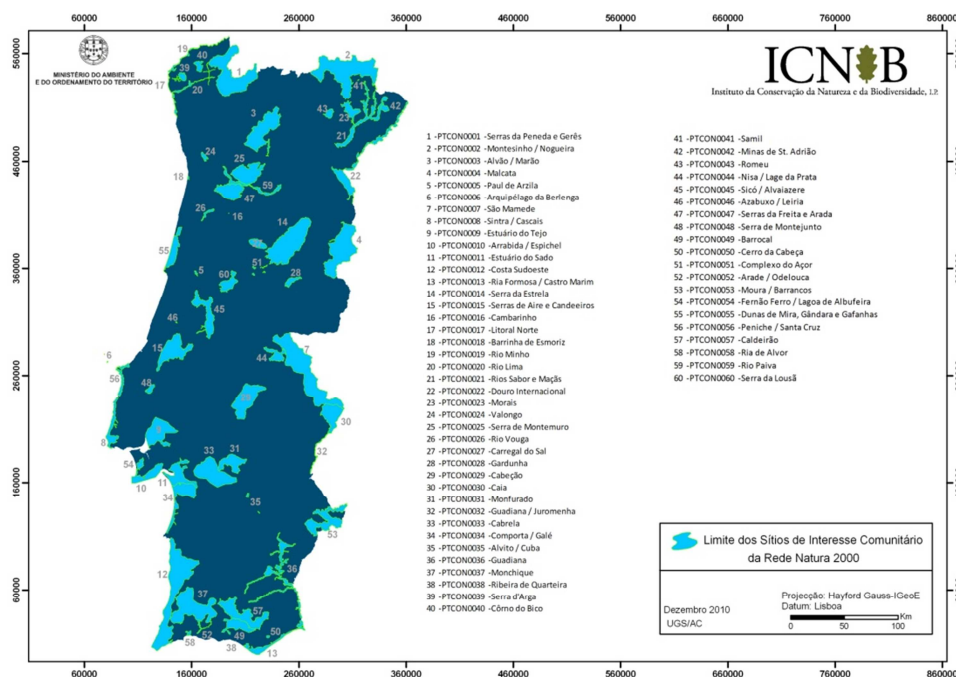


Figura 6 – Mapa do limite dos Sítios de interesse Comunitário da Rede Natura 2000.

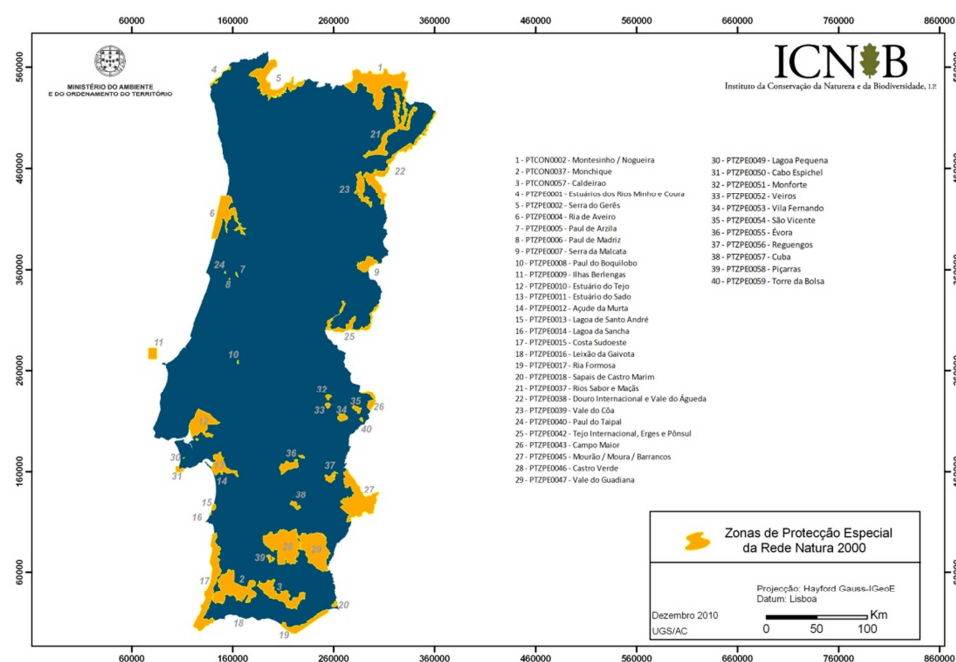


Figura 7 – Mapa das zonas de Proteção Especial da Rede Natura 2000.

Em Viana do Castelo podemos encontrar 6 SIC (Serras da Peneda e Gerês, Litoral Norte, Rio Minho, Rio Lima, Serra D'Arga e Corno do Bico) e 2 ZPE (Estuários dos Rios Minho e Coura e Serra do Gerês).

Utilizando a base de dados existente na FCUP, compilada pelos seus técnicos através de trabalho de campo ou retirada de várias fontes e formatos, foram efetuadas 4 cartas de elementos expostos:

Elemento 1 - Áreas de máximo valor de proteção ou proteção integral:

- Zonamento Parque Nacional da Peneda-Gerês (PNPG).

Elemento 2 - Outras áreas classificadas:

- Rede Nacional Áreas Protegidas – RNAP
(+)
- Rede Natura 200 - RN2000.

Elemento 3 - Habitats interiores com elevado valor de conservação:

- Carvalhais (COS)
(+)
- Folhosas COS junto a linhas de água
(+)
- Turfeiras PNPG-TransNatura (João G)
(+)
- Turfeiras Paredes de Coura (João G)
(+)
- Áreas Hígro S. Arga (João G).

Elemento 4 - Habitats litorais e sub-litorais com elevado valor de conservação (a partir do COS)

g. Análise de conflito espacial

Quando uma espécie tem tendência à dispersão espacial numa determinada área ocupada por outra espécie gera-se um conflito espacial. Este conflito é, tão simplesmente, a conquista de um determinado espaço prejudicando o bem estar de outrém. Quando a concorrência é desleal, a espécie mais fraca tem tendência a desaparecer.

Após identificado e espacializado os elementos naturais susceptíveis a invasão e analisado a suscetibilidade de invasão das espécies exóticas em estudo, é possível sobrepor as duas “imagens” e obter uma nova carta/elemento com as zonas susceptíveis à invasão e o grau de suscetibilidade.

Assim sendo, foram sobrepostas 5x4 cartas/elementos, gerando 20 cartas/elementos com 4 graus de suscetibilidade.

Carta 1/Elemento1 - Invasão por *Acacia dealbata* Vs áreas de máximo valor de proteção;

Carta 2/Elemento1 - Invasão por *Acacia longifolia* Vs áreas de máximo valor de proteção;

Carta 3/Elemento1 - Invasão por *Acacia melanoxylon* Vs áreas de máximo valor de proteção;

Carta 4/Elemento1 - Invasão acumulada por *Acacia spp.* Vs áreas de máximo valor de proteção;

Carta 5/Elemento1 - Invasão máxima por uma espécie de *Acacia* Vs áreas de máximo valor de proteção;

Carta 1/Elemento2 - Invasão por *Acacia dealbata* Vs outras áreas classificadas;

Carta 2/Elemento2 - Invasão por *Acacia longifolia* Vs outras áreas classificadas;

Carta 3/Elemento2 - Invasão por *Acacia melanoxylon* Vs outras áreas classificadas;

Carta 4/Elemento2 - Invasão acumulada por *Acacia spp.* Vs outras áreas classificadas;

Carta 5/Elemento2 - Invasão máxima por uma espécie de *Acacia* Vs outras áreas classificadas;

Carta 1/Elemento3 - Invasão por *Acacia dealbata* Vs habitats interiores com elevado valor de conservação;

Carta 2/Elemento3 - Invasão por *Acacia longifolia* Vs habitats interiores com elevado valor de conservação;

Carta 3/Elemento3 - Invasão por *Acacia melanoxylon* Vs habitats interiores com elevado valor de conservação;

Carta 4/Elemento3 - Invasão acumulada por *Acacia spp.* Vs habitats interiores com elevado valor de conservação;

Carta 5/Elemento3 - Invasão máxima por uma espécie de *Acacia* Vs habitats interiores com elevado valor de conservação;

Carta 1/Elemento4 - Invasão por *Acacia dealbata* Vs habitats litorais e sub-litorais com elevado valor de conservação;

Carta 2/Elemento4 - Invasão por *Acacia longifolia* Vs habitats litorais e sub-litorais com elevado valor de conservação;

Carta 3/Elemento4 - Invasão por *Acacia melanoxylon* Vs habitats litorais e sub-litorais com elevado valor de conservação;

Carta 4/Elemento4 - Invasão acumulada por *Acacia spp.* Vs habitats litorais e sub-litorais com elevado valor de conservação;

Carta 5/Elemento4 - Invasão máxima por uma espécie de *Acacia* Vs habitats litorais e sub-litorais com elevado valor de conservação;

Das cartas obtidas foram extraídas as tabelas e, numa folha de cálculo em MSExcel, foram calculadas as áreas das cartas, para cada elemento natural exposto, correspondentes a cada nível de suscetibilidade. Finalmente, foi feita a percentagem de invasão espacial total e máxima.

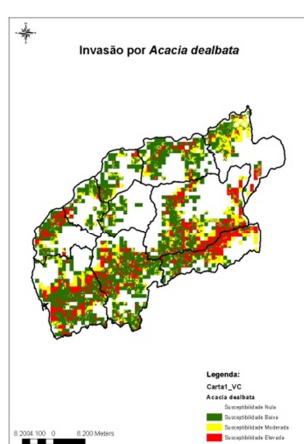
As áreas mais vulneráveis serão aquelas onde o conflito espacial será mais intenso e agressivo.

3. Resultados

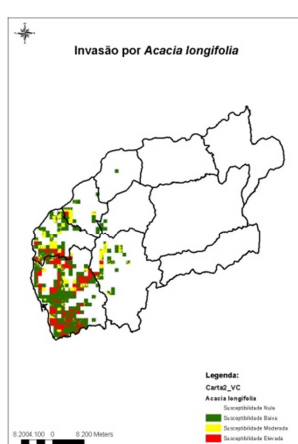
a. Suscetibilidade à invasão por espécies de *Acacia*

Após avaliação (com apoio do valor AUC) dos modelos de distribuição, para cada espécie de *Acacia*, e utilizando a ferramenta informática de modelação BIOMOD, chegou-se à conclusão que o método mais adequado foi o das Florestas Aleatórias (RF – Random Forests).

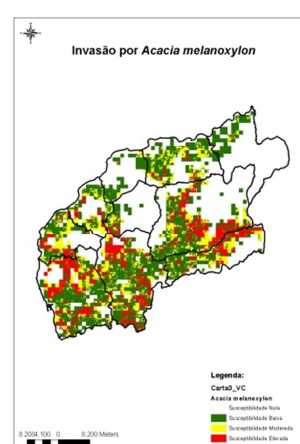
Assim sendo, foram criadas 5 cartas (com 4 níveis) de suscetibilidade.



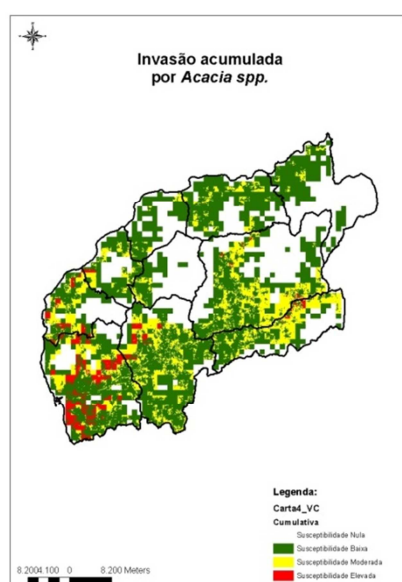
Carta 1 - Invasão por *Acacia dealbata*



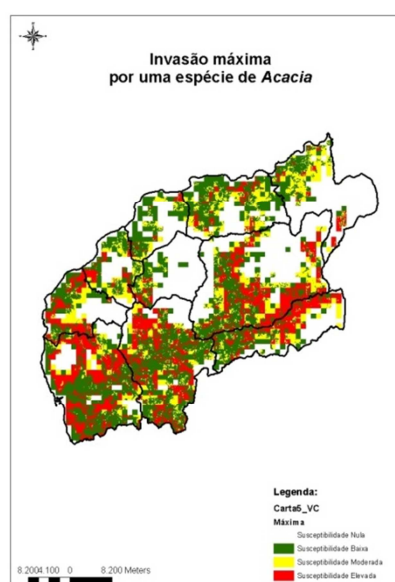
Carta 2 - Invasão por *Acacia longifolia*



Carta 3 - Invasão por *Acacia melanoxylon*



Carta 4 - Invasão acumulada por *Acacia spp.*



Carta 5 - Invasão máxima por uma espécie de *Acacia*

Foram ainda exportados os dados utilizados em ambiente SIG e gerada uma tabela com a área ocupada por cada categoria de ocupação do solo e respetivo nível de

Área (em hectares) ocupada por cada categoria de ocupação do solo e respetivo nível de susceptibilidade à invasão										
Classe	Categoria COS	Área total (hectares)	Espécie Acácia	Suscep. Nula 0	Suscep. Baixa 1	Suscep. Moderada 2	Suscep. Elevada 3	Área Suscetível à invasão (hectares)	% Suscetível à invasão	% Suscept. Máxima à invasão
ancrop	Culturas Anuais	43376	Acadea	11078	32298	0	0	32298	74,5%	0,0%
			Acalon	37146	6230	0	0	6230	14,4%	0,0%
			Acamel	11291	32085	0	0	32085	74,0%	0,0%
			Acumul.	7407	35969	0	0	35969	82,9%	0,0%
			Máxima	7407	35969	0	0	35969	82,9%	0,0%
artfor	Florestas Artificiais	38945	Acadea	15359	5866	8705	9015	23586	60,6%	23,1%
			Acalon	30034	2703	2416	3793	8911	22,9%	9,7%
			Acamel	10969	5359	11377	11241	27977	71,8%	28,9%
			Acumul.	8286	13674	13089	3895	30659	78,7%	10,0%
			Máxima	8286	4228	9842	16589	30659	78,7%	42,6%
blfor	Florestas Folhosas	13920	Acadea	6285	2574	3646	1416	7636	54,9%	10,2%
			Acalon	13451	185	239	45	469	3,4%	0,3%
			Acamel	7020	3044	3279	578	6900	49,6%	4,2%
			Acumul.	5282	5985	2648	5	8638	62,1%	0,0%
			Máxima	5282	2456	4503	1679	8638	62,1%	12,1%
meadows	Prados	100	Acadea	83	17	0	0	17	17,1%	0,0%
			Acalon	100	0	0	0	0	0,0%	0,0%
			Acamel	99	1	0	0	1	0,8%	0,0%
			Acumul.	83	17	0	0	17	17,1%	0,0%
			Máxima	83	17	0	0	17	17,1%	0,0%
permcrop	Culturas Permanentes	2354	Acadea	134	2019	201	0	2220	94,3%	0,0%
			Acalon	2200	153	0	0	154	6,5%	0,0%
			Acamel	709	1645	0	0	1645	69,9%	0,0%
			Acumul.	42	2312	0	0	2312	98,2%	0,0%
			Máxima	42	2110	201	0	2312	98,2%	0,0%
shrubs	Matos e Matagais	94103	Acadea	56374	9496	14243	13990	37729	40,1%	14,9%
			Acalon	86397	2877	2329	2500	7705	8,2%	2,7%
			Acamel	56319	9166	15736	12881	37784	40,2%	13,7%
			Acumul.	48118	24195	19089	2701	45985	48,9%	2,9%
			Máxima	48118	9108	16269	20607	45985	48,9%	21,9%
urb	Urbano	17542	Acadea	3371	14170	0	0	14170	80,8%	0,0%
			Acalon	12779	4763	0	0	4763	27,2%	0,0%
			Acamel	3848	13693	0	0	13693	78,1%	0,0%
			Acumul.	1867	15675	0	0	15675	89,4%	0,0%
			Máxima	1867	15675	0	0	15675	89,4%	0,0%
water	Água	1759	Acadea	23	1736	0	0	1736	98,7%	0,0%
			Acalon	1206	553	0	0	553	31,4%	0,0%
			Acamel	30	1729	0	0	1729	98,3%	0,0%
			Acumul.	15	1743	0	0	1743	99,1%	0,0%
			Máxima	15	1743	0	0	1743	99,1%	0,0%
	Total	212098	Acadea	92707	68175	26795	24420	119391	56,3%	11,5%
			Acalon	183313	17463	4984	6338	28785	13,6%	3,0%
			Acamel	90285	66721	30392	24700	121813	57,4%	11,6%
			Acumul.	71100	99569	34826	6602	140998	66,5%	3,1%
			Máxima	71100	71307	30816	38875	140998	66,5%	18,3%

Tabela 5 - Área (em hectares) ocupada por cada categoria de ocupação do solo, respetivo nível e análise de suscetibilidade à invasão.

suscetibilidade à invasão. Calculou-se ainda a área total e percentagem suscetível à invasão por cada categoria de ocupação do solo.

Com os dados obtidos é possível verificar que as espécies ***Acacia melanoxylon*** e ***Acacia dealbata*** têm nítidos comportamentos invasores. Da área total em estudo 57,4% apresenta suscetibilidade à invasão pela primeira espécie supracitada, sendo que, 11,6% corresponde à suscetibilidade de invasão máxima. 56,3% da área

apresenta suscetibilidade à invasão pela segunda espécie acima referenciada, onde 11,5% são respeitantes ao nível de suscetibilidade elevada.

As áreas mais afetadas pelo alastramento destas espécies são as linhas de “água” e zonas “urbanas”, sendo que, toda esta área afetada tem um nível baixo de suscetibilidade à invasão. Os “Matos e Matagais”, “Florestas artificiais” e “Florestas folhosas”, apesar de não serem as que apresentam maior percentagem de suscetibilidade à invasão, são as que apresentam áreas com níveis de suscetibilidade moderada e elevada.

A espécie ***Acacia longifolia*** é a que apresenta menor apetência à dispersão. Apenas 13,6% da área em estudo estão suscetíveis à invasão, e dessa percentagem só 3% são relativos ao nível máximo de suscetibilidade à invasão.

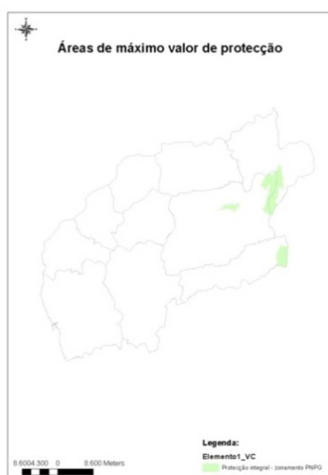
Esta espécie tem preferência pelas linhas de “água” e zonas “urbanas”, concentrando-se essencialmente na região litoral e sub-litoral da área em estudo.

Em termos **cumulativos**, verifica-se que 66,5% da área analisada têm suscetibilidade à invasão, sendo que, em 3,1% do território podemos encontrar as 3 espécies em simultâneo e com nível máximo de suscetibilidade à invasão. Em 18,3% da região podemos verificar que existe um **nível elevado** de suscetibilidade à invasão e onde podemos encontrar pelo menos uma das espécies invasoras.

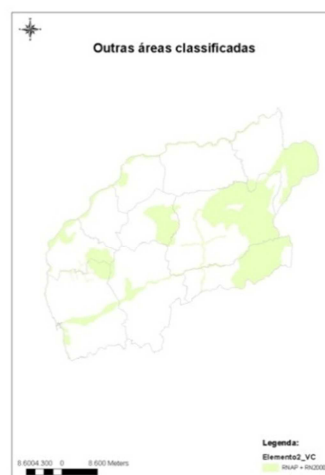
b. Elementos naturais expostos no Alto Minho

Após definição e identificação dos elementos naturais expostos, foi efetuada uma concentração dos dados por forma a obter 4 elementos naturais generalistas.

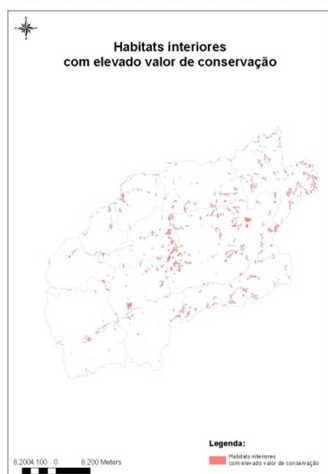
Os dados foram obtidos através de uma base de dados geridos pela equipa do CIBIO da FCUP e aplicados no software de SIG ArcGIS.



Elemento 1 - Áreas de máximo valor de proteção
Proteção integral – zonamento PNPG

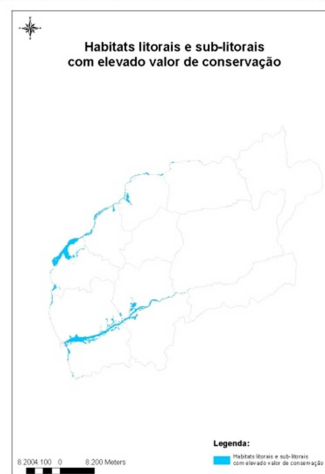


Elemento 2 - Outras áreas classificadas
RNAP + RN2000



Elemento 3 - Habitats interiores com elevado valor de conservação

Carvalhais COS
Folhosas COS junto a linhas de água
Turfeiras PNPG – TransNatura (João G)
Turfeiras Paredes de Coura (João G)
Áreas Hígro S. Arga (João G)



Elemento 4 - Habitats litorais e sub-litorais com elevado valor de conservação

(a partir do COS, com altimetria < 10m)

H – Zonas costeiras (Praias/Dunas) e Rios
F – Florestas folhosas
P – Florestas artificiais
I / J – Matos e Matagais

c. Análise dos conflitos entre espécie invasora e elementos naturais expostos

i. Espécies invasoras (*Acacia*) e áreas de máximo valor de proteção.

Como forma de analisar os conflitos espaciais entre as cartas de suscetibilidade à invasão e a área de máximo valor de proteção foram criados os mapas (abaixo) e a tabela (6) que relaciona as áreas em avaliação.



Carta1/Elemento 1 - Invasão por *Acacia dealbata* Vs Áreas de máximo valor de proteção



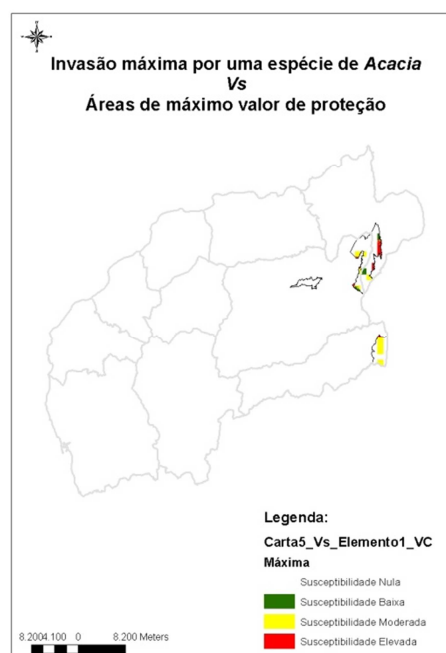
Carta2/Elemento 1 - Invasão por *Acacia longifolia* Vs Áreas de máximo valor de proteção



Carta3/Elemento 1 - Invasão por *Acacia melanoxylon* Vs Áreas de máximo valor de proteção



Carta4/Elemento 1 - Invasão acumulada por *Acacia spp.* Vs Áreas de máximo valor de proteção



Carta5/Elemento 1 - Invasão máxima por uma espécie de *Acacia* Vs Áreas de máximo valor de proteção

Área (em hectares) ocupada por cada elemento natural exposto e respectivo nível de susceptibilidade à invasão									
Elemento Natural Exposto	Área total (hectares)	Espécie Acacia	Nível de Suscetibilidade				Área Suscetível à invasão (hectares)	% Suscetível à invasão	% Suscept. Máxima à invasão
Classe			Suscep. Nula 0	Suscep. Baixa 1	Suscep. Moderada 2	Suscep. Elevada 3			
Elemento 1 Áreas de máximo valor de protecção	4426	Acadea	3280	193	704	249	1146	25,9%	5,6%
		Acalon	4426	0	0	0	0	0,0%	0,0%
		Acamel	4035	193	198	0	392	8,8%	0,0%
		Acumul.	3277	951	198	0	1149	26,0%	0,0%
		Máxima	3277	197	704	249	1149	26,0%	5,6%

Tabela 6 – Área (em hectares) ocupada pelo elemento natural exposto 1 e respetivo nível de susceptibilidade à invasão.

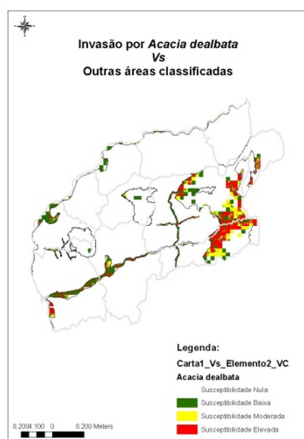
Através dos dados obtidos, podemos verificar que 25,9% da área, correspondente ao elemento com valor máximo de protecção, está suscetível à invasão pela espécie ***Acacia dealbata***, sendo que, 5,6% corresponde ao nível de susceptibilidade máxima. Já a espécie ***Acacia melanoxylon*** apresenta 8,8% de susceptibilidade à invasão ou capacidade de conflito espacial na área.

A espécie ***Acacia longifolia*** não apresenta qualquer tipo de susceptibilidade de invasão ou capacidade de gerar conflitos espaciais nas áreas correspondentes ao elemento com valor máximo de protecção.

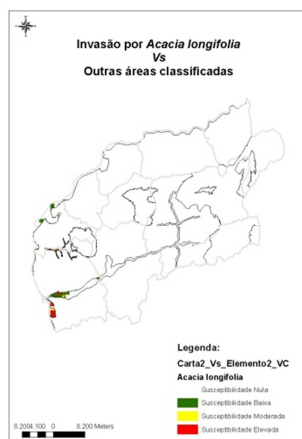
Em termos **cumulativos**, é possível considerar que mais de ¼ da área do elemento 1 sofrerá conflito devido à propagação das espécies exóticas invasoras de *Acacia* e, no mínimo, 5,6% dessa área será efetivamente dominada.

ii. Espécies invasoras (*Acacia*) e outras áreas classificadas.

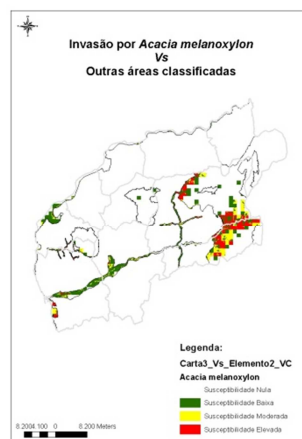
Em baixo, apresentam-se os 5 mapas obtidos a partir do ArcGIS e os dados analisados (Tabela 7). Estes representam a área de conflito nas outras áreas classificadas.



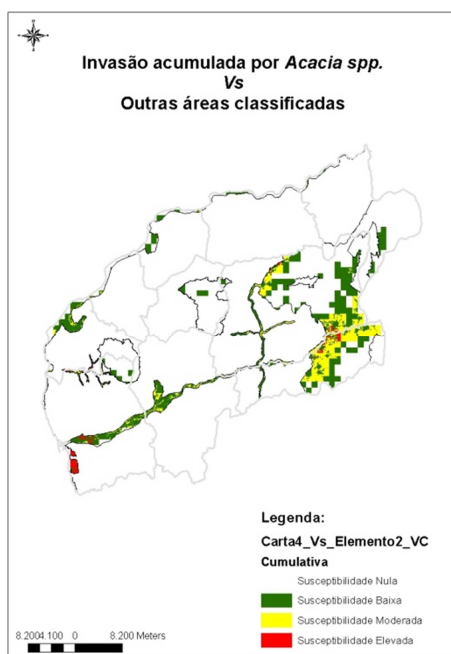
Carta1/Elemento 2 - Invasão por *Acacia dealbata* Vs Outras áreas classificadas



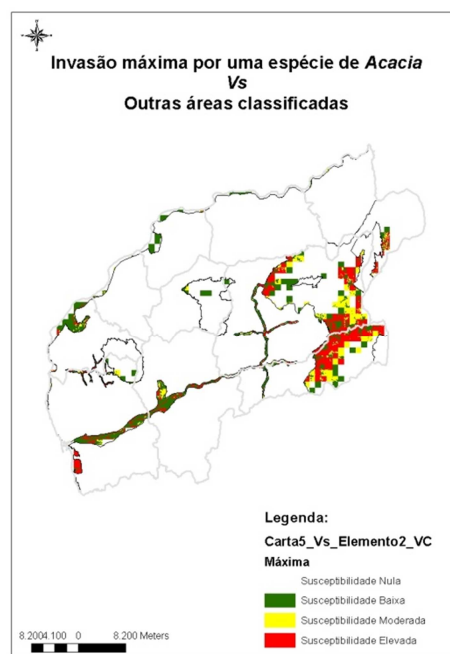
Carta2/Elemento 2 - Invasão por *Acacia longifolia* Vs Outras áreas classificadas



Carta3/Elemento 2 - Invasão por *Acacia melanoxylon* Vs Outras áreas classificadas



Carta4/Elemento 2 - Invasão acumulada por *Acacia spp.* Vs Outras áreas classificadas



Carta5/Elemento 2 - Invasão máxima por uma espécie de *Acacia* Vs Outras áreas classificadas

Área (em hectares) ocupada por cada elemento natural exposto e respectivo nível de susceptibilidade à invasão									
Elemento Natural Exposto	Área total (hectares)	Espécie Acacia	Suscep. Nula 0	Suscep. Baixa 1	Suscep. Moderada 2	Suscep. Elevada 3	Área Susceptível à invasão (hectares)	% Susceptível à invasão	% Suscept. Máxima à invasão
Elemento 2	51503	Acadea	29300	10129	4684	7390	22203	43,1%	14,3%
		Acalon	49691	1071	203	537	1812	3,5%	1,0%
		Acamel	33439	9389	4072	4603	18064	35,1%	8,9%
		Acumul.	28015	15679	6855	954	23488	45,6%	1,9%
Outras áreas classificadas		Máxima	28015	10579	4568	8341	23488	45,6%	16,2%

Tabela 7 – Área (em hectares) ocupada pelo elemento natural exposto 2 e respetivo nível de susceptibilidade à invasão.

Face os resultados obtidos, é possível verificar que, em termos cumulativos, 45,6% da área do elemento natural exposto, designado por outras áreas classificadas, estará vulnerável a conflitos, sendo que, pelo menos, numa área de 16.2%, uma espécie de *Acacia* apresenta o nível de susceptibilidade elevada ocupando, certamente, o local invadido.

A espécie exótica com cariz mais invasor é a *Acacia dealbata*, com uma capacidade de dispersão e de gerar conflito em 43.1% da área do presente elemento natural. Em 14.3% da zona a espécie deverá fixar-se.

De seguida, a espécie invasora *Acacia melanoxyton* apresenta 35.1% de capacidade de dispersão espacial, devendo ocupar, no mínimo, 8.9% da área em confronto.

Finalmente, a espécie *Acacia longifolia* apenas exibirá a sua presença em 3.5% da área do elemento natural aqui analisado, mas conseguirá instalar-se, no mínimo, em 1% da zona destas áreas classificadas.

iii. Espécies invasoras (*Acacia*) e habitats interiores com elevado valor de conservação.

Após interação entre as cartas de suscetibilidade e elementos exposto foi possível efetuar os seguintes mapas, em ArcGIS, e criar a tabela (8) com os dados extraídos do mesmo software.



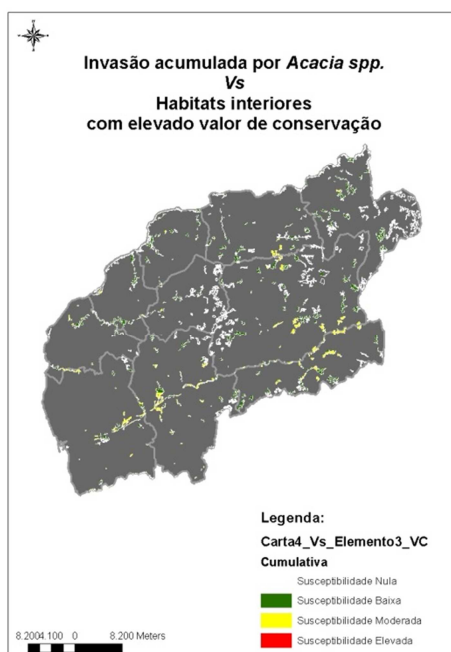
Carta1/Elemento 3 - Invasão por *Acacia dealbata* Vs Habitats interiores com elevado valor de conservação



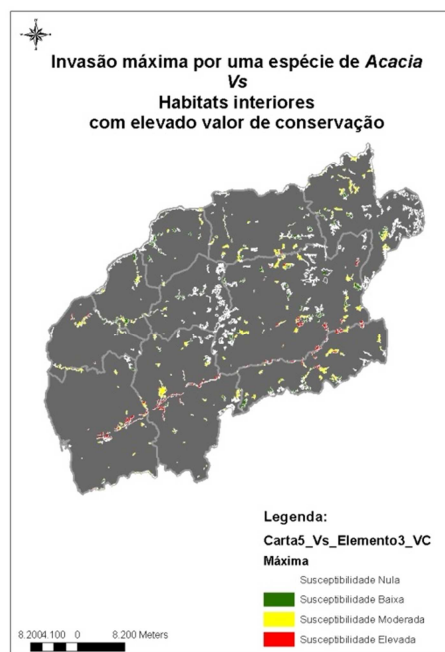
Carta2/Elemento 3 - Invasão por *Acacia longifolia* Vs Habitats interiores com elevado valor de conservação



Carta3/Elemento 3 - Invasão por *Acacia melanoxylon* Vs Habitats interiores com elevado valor de conservação



Carta4/Elemento 3 - Invasão acumulada por *Acacia spp.* Vs Habitats interiores com elevado valor de conservação



Carta5/Elemento 3 - Invasão máxima por uma espécie de *Acacia* Vs Habitats interiores com elevado valor de conservação

Área (em hectares) ocupada por cada elemento natural exposto e respectivo nível de susceptibilidade à invasão									
Elemento Natural Exposto	Área total (hectares)	Espécie Acacia	Nível de Susceptibilidade				Área Susceptível à invasão (hectares)	% Susceptível à invasão	% Suscept. Máxima à invasão
Classe			Suscep. Nula 0	Suscep. Baixa 1	Suscep. Moderada 2	Suscep. Elevada 3			
Elemento 3 Habitats interiores com elevado valor de conservação	6749	Acadea	3446	1138	1555	609	3302	48,9%	9,0%
		Acalon	6606	77	58	7	143	2,1%	0,1%
		Acamel	3849	1410	1300	190	2900	43,0%	2,8%
		Acumul.	3008	2653	1086	2	3741	55,4%	0,0%
		Máxima	3008	1159	1902	679	3741	55,4%	10,1%

Tabela 8 – Área (em hectares) ocupada pelo elemento natural exposto 3 e respetivo nível de susceptibilidade à invasão.

Após análise dos resultados, podemos constatar que, mais uma vez, a espécie ***Acacia dealbata*** é (das três) aquela que maior conflito gera ao elemento natural exposto. Neste caso, 48.9% da área (ou seja, quase metade da área) está suscetível à invasão e 9,0% apresenta susceptibilidade máxima.

A ***Acacia melanoxylon*** também apresenta propensão em se dispersar numa área vasta. Nos habitats interiores com elevado valor de conservação, em 43,0% da área haverá a coincidência entre espécies nativas e a espécies exótica invasora, sendo que, pelo menos em 2,8% da área a espécie invasora ganhará terreno.

Mais uma vez, a espécie ***Acacia longifolia*** tem um carácter invasor mínimo, gerando conflito em apenas 2,1% da área.

Em função dos dados **cumulativos**, é a entropia gerada pela dispersão das espécies de *Acacia* é elevada, e 55,4% haverá disputa territorial. A supremacia das espécies invasoras deverá corresponder, no mínimo, à ocupação de 10,1% da área.

iv. Espécies invasoras (*Acacia*) e habitats litorais e sub-litorais com elevado valor de conservação.

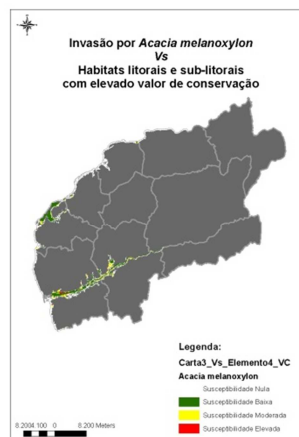
Os mapas seguintes pretendem representar as áreas sujeitas a conflitos. A tabela (9) analisa os dados exportados dos mapas.



Carta1/Elemento 4 - Invasão por *Acacia dealbata* Vs Habitats litorais e sub-litorais com elevado valor de conservação



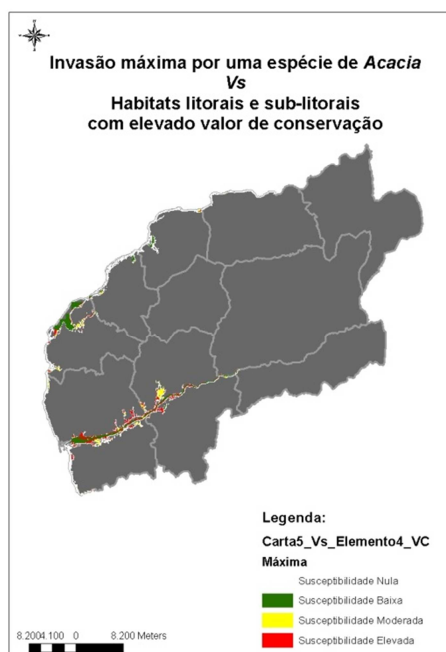
Carta2/Elemento 4 - Invasão por *Acacia longifolia* Vs Habitats litorais e sub-litorais com elevado valor de conservação



Carta3/Elemento 4 - Invasão por *Acacia melanoxylon* Vs Habitats litorais e sub-litorais com elevado valor de conservação



Carta4/Elemento 4 - Invasão acumulada por *Acacia spp.* Vs Habitats litorais e sub-litorais com elevado valor de conservação



Carta5/Elemento 4 - Invasão máxima por uma espécie de *Acacia* Vs Habitats litorais e sub-litorais com elevado valor de conservação

Área (em hectares) ocupada por cada elemento natural exposto e respectivo nível de susceptibilidade à invasão									
Elemento Natural Exposto	Área total (hectares)	Espécie Acacia	Suscep. Nula 0	Suscep. Baixa 1	Suscep. Moderada 2	Suscep. Elevada 3	Área Suscetível à invasão (hectares)	% Suscetível à invasão	% Suscept. Máxima à invasão
Elemento 4 Habitats litorais e sub-litorais com elevado valor de conservação	3015	Acadea	159	1545	349	962	2856	94,7%	31,9%
		Acalon	2078	641	142	153	937	31,1%	5,1%
		Acamel	354	1921	638	101	2661	88,3%	3,4%
		Acumul.	133	1905	760	217	2882	95,6%	7,2%
		Máxima	133	1538	367	977	2882	95,6%	32,4%

Tabela 9 – Área (em hectares) ocupada pelo elemento natural exposto 4 e respetivo nível de susceptibilidade à invasão.

O elemento natural exposto correspondente aos habitats litorais e sub-litorais com elevado valor de conservação é, e de acordo com os resultados obtidos, aquele que maior atrito gerará no meio ambiente existente. Os dados cumulativos apontam para 95,6% da área em conflito, ou seja, praticamente todos os ecossistemas existentes serão afetados. 32,4% da área, no mínimo, será efetivamente invadida, ou seja, 1/3 da área paisagística existente (no mínimo) será transformada.

Tal como nos elementos anteriores, a espécie **Acacia dealbata** é a mais agressiva. 94,7% da área está suscetível a invasão, sendo que 31,9% manifesta susceptibilidade máxima.

A **Acacia melanoxylon** também apresenta uma grande agressividade na disputa de espaços no elemento natural em análise. Esta espécie entra em competitividade em 88,3% da área mas só se afirma em, pelo menos, 3,4% da área.

Finalmente, dos 4 elementos naturais avaliados, os habitats litorais e sub-litorais com elevado valor de conservação são aqueles onde espécie **Acacia longifolia** encontra disposição a se dispersar e ocupar espaços. 31,3% da área é suscetível a invasão e 3,4% da área (no mínimo) deverá ser invadida.

4. Discussão dos Resultados

a. Suscetibilidade à invasão por espécies de *Acacia* no Alto Minho

Após analisados os resultados obtidos é possível afirmar que a área mais suscetível a ser invadida pelas espécies de *Acacia* é aquela que apresenta cursos de água e vegetação associada a este meio, ou seja, o elemento natural correspondente aos habitats litorais e sub-litorais com elevado valor de conservação.

Praticamente toda a área será alvo de conflitos na disputa de espaços e dos recursos existentes, e, no mínimo, um terço da área será efetivamente invadida pelas espécies de *Acacia*.

Em relação à área de máximo valor de proteção, localizada no parque Nacional da Peneda-Gerês, é aquela que menos impacto sofrerá com a constante dispersão das espécies de *Acacia*.

No que diz respeito aos elementos naturais expostos de outras áreas classificadas e habitats interiores com elevado valor de conservação, podemos verificar que metade das áreas serão objeto de conflitos. 16,2% e 10,1% das áreas, respetivamente, passaram a ser dominadas pelas espécies de *Acacia*.

No geral, as espécies de *Acacia* entrarão em conflito com todos os elementos naturais expostos, em especial com a espécie *Acacia dealbata*, que apresenta um carácter invasor muito dispersivo e agressivo. Se nada for feito em contrário, aproximadamente metade de área total estudada estará em conflito podendo implicar um impacte desastroso sobre toda a biodiversidade da região.

b. Gestão do risco de invasão no Alto Minho

Num estudo anterior efetuado na região (Vicente, et al., 2010) sobre os fatores ambientais que mais favorecem a invasão da paisagem por espécies exóticas na área do Minho, foi possível concluir que:

- (i) “o clima é o principal determinante da invasão por plantas exóticas e pode ser considerado o gradiente ambiental primário determinante da invasibilidade de uma determinada paisagem”;

- (ii) “os efeitos de gradientes secundários só são detetados quando a área é subamostrada de acordo com modelos preditivos baseados nos gradientes primários, e, nesse caso, vários tipos de variáveis ambientais surgem como determinantes secundários na explicação da invasibilidade da paisagem”;
- (iii) “entre as variáveis ambientais importantes na explicação dos padrões de riqueza específica observados, destacam-se as relacionadas com a composição da paisagem, a topografia e o regime de fogos”;
- (iv) “a intensificação dos usos do solo parece facilitar a invasão biológica, enquanto áreas dedicadas a conservação normalmente albergam poucas espécies de plantas invasoras”; e
- (v) “plantas com diferentes estratégias de sobrevivência exibem diferentes respostas aos gradientes ambientais, pelo que diferentes abordagens de controlo e erradicação deverão ser utilizadas para diferentes contextos ecológicos, geográficos e para diferentes tipos de espécies invasoras”.

Um outro estudo (Vicente, et al., 2011) centrou-se nas três espécies invasoras lenhosas e na área em estudo deste trabalho.

Conclui-se então que o carácter invasor deve-se a características inerentes a estas e outras espécies invasoras, como é o caso da produção de grandes quantidades de sementes (cuja germinação é até, neste caso, estimulada pelo fogo) e o facto de apresentarem populações muito densas que acabam por eliminar a vegetação nativa ou impedir a sua regeneração.

Assim sendo, para efetuar uma gestão do risco biológico de invasão no Alto Minho, será necessário, entre outras iniciativas:

- Efetuar uma avaliação detalhada e regular dos vários Riscos Biológicos;
- Hierarquizar as áreas prioritárias para controlo e monitorização, com base na avaliação de Riscos e na Suscetibilidade à invasão;
- Criar ações de formação e sensibilização sobre a problemática aqui evidenciada, consciencializando assim as autoridades competentes sobre o mesmo;
- No caso específico das plantas invasoras, articular as políticas de conservação da natureza com as políticas agrárias e florestais, tendo em vista uma gestão mais eficaz e eficiente do Risco;
- Criar planos de ação em caso de incêndio, por forma a controlar a germinação estimulada pelo fogo.

5. Conclusões

O presente trabalho permitiu concluir que:

- O distrito de Viana do Castelo tem um nível de suscetibilidade à invasão por parte das espécies de *Acacia* muito elevado, sendo que a sua paisagem litoral e sub-litoral com elevado valor de conservação é a mais afetada;
- A dispersão pelas espécies *Acacia dealbata* e *Acacia melanoxylon* irá implicar a ocupação de uma vasta área classificada e com elevado valor de proteção;
- Toda esta área sofrerá mutações e os serviços dos ecossistemas serão afetados, em especial, toda a riqueza cultural e patrimonial (PNPG e a área protegida de Corno do Bico) e económica existente (castas de vinho verde);
- Carvalhais, Folhosas, Turfeiras e toda a biodiversidade associada serão severamente afetadas em algumas áreas.

Podemos ainda recomendar, face aos resultados obtidos:

- Consciencializar todas as entidades responsáveis pela Gestão do património natural e cultural sobre o possível desastre ecológico associado à dispersão desta praga;
- Continuar e incentivar os técnicos que se debruçam sobre esta problemática, por forma a existir uma contínua monitorização e controlo efetivo da invasão;
- Dotar as autoridades competentes de ideias sobre quais as condições que geram a propagação da espécie invasora (por exemplo, fogos), por forma a contrariar a dispersão.

Como desenvolvimentos futuros, é possível:

- ✓ Efetuar uma análise de conflitos espaciais sobre espécies endógenas individualizadas;
- ✓ Realizar uma análise de vulnerabilidade da região em causa;
- ✓ Alargar as análises de suscetibilidade a outras espécies com comportamento invasor no território, como a háquea-picante (*Hakea sericea*) e a erva-das-pampas (*Cortaderia selloana*);
- ✓ Estender as análises por uma área mais vasta do território Português (Porto, Braga, Vila Real e Bragança, por exemplo)
- ✓ Efetuar planos de ação e controlo em caso de incêndio (por exemplo) ou caso se verifiquem valores anómalos de dispersão da espécie invasora.

Bibliografia

Estevão, C., 2010. O Património Geológico em Áreas Protegidas no Maciço Ibérico: Inventariação de Geossítios baseada em pesquisa bibliográfica. 21-35.

Fernandes, R., Vicente, J., Honrado, J., 2012. "Protec|GeoRisk – Protecção Civil e Gestão de Riscos no Alto Minho", Guia metodológico para a análise da probabilidade de invasão por plantas exóticas do género *Acacia* na região do Alto Minho. 9-18.

Guisan, A., Zimmermann, N., 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135, 147-186.

Haines-Young, R., Potschin, M., 2010. The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. 110-139

Julião, R., Nery, F., Ribeiro, J., Castelo Branco, M., Zêzere, J., 2009. Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (sig) de base municipal. Autoridade Nacional de Protecção Civil.

Hejda, M., Pysek, P., Jarosík, V., 2009. Impact of invasive plants on the species richness, diversity and composition of invaded communities. *Journal of Ecology*. 97, 393–403.

Chytrý, M., Maskell, L., Pino, J., Pysek, P., Vilà, M., Font, X., Smart, S., 2008. Habitat invasions by alien plants: a quantitative comparison among Mediterranean, subcontinental and oceanic regions of Europe. *Journal of Applied Ecology*. 45, 448–458.

Vicente, J., Alves, P., Randin, C., Guisan, A., Honrado, J., 2010. What drives invasibility? A multi-model inference test and spatial modelling of alien plant species richness patterns in Northern Portugal. *Ecography* 33, 1081-1092.

Vicente, J., Randin, C., Gonçalves, J., Metzger, M., Lomba, Â., Honrado, J., Guisan, A., 2011. Where will conflicts between alien and rare species occur after climate and land-use change? A test with a novel combined modelling approach. *Biological Invasions* 13, 1209-1227.

Webgrafia

Águas do Douro e Paiva, Grupo águas de Portugal (Nov2012).

<http://www.aquaonline.net/gca/?id=79>

Apostila – Ecologia (Out2012).

<http://www.ufjf.br/cursinho/files/2012/05/Apostila-Ecologia-Pronta.194.239.pdf>

Conceitos básicos: da espécie ao ecossistema, IV. O Ecossistema. NaturAzores (Nov2012).

http://naturazores.blogspot.com/2006/03/conceitos-bsicos-da-espcie-ao_20.html

Cristina Azevedo, Mário Senaga, Newton Miura. Espécies exóticas invasoras são a segunda maior causa de perda de biodiversidade. Sistema Ambiental Paulista. Governo do Estado de São Paulo (Fev2012).

<http://www.ambiente.sp.gov.br/acontece/noticias/especies-exoticas-invasoras-sao-a-segunda-maior-causa-de-perda-de-biodiversidade/>

Ecologia I (Out2012).

<http://pt.scribd.com/doc/46226732/Apostila-Ecologia->

Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (Fev2012).

<http://www.icnf.pt/ICNPortal/vPT2007/Homepage.htm>

Pedro Lopes, Sebenta da Disciplinas de Riscos Naturais, ISLA (Fev2012).

<http://www.resumos.net/files/ensinosuperior/gestaodasegurancaeproteccaocivil/isla/riscosnaturais/sebenta.pdf>

Viana do Castelo, Guia da Cidade (Jan2012).

<http://www.guiadacidade.pt/pt/distrito-viana-do-castelo-16>